DER BODENSEE UND DIE TIEFERLEGUNG SEINER HOCHWASSERSTÄNDE: EINE...

Max Honsell

DER BODENSEE

UND DIE

TIEFERLEGUNG SEINER HOCHWASSERSTÄNDE

EINE HYDROLOGISCHE STUDIE

AUF GRUND DER VERHANDLUNGEN DER INTERNATIONALEN TECHNISCHEN COMMISSION FÜR DIE REGULIRUNG DER BODENSEE-WASSERSTÄNDE VON 1873—1878 BEARBEITET

VON

MAX HONSELL

Baurath, Mitglied der Grossherzoglich Badischen Ober-Direction des Wasser- und Strassen-Baues

MIT EINEM ATLAS VON 11 TAFELN

STUTTGART

VERLAG VON KONRAD WITTWER

1879

Druck von Gebrüder Kröner in Stuttgart.

Inhalt.

Anlagen.

Berichtigungen.

Seite	7	Zeile	10	von	unten	statt	»Uebelstände« lese »Umstände«.
»	16	»	2	»	»	»	»Winter-, Nieder-« lese »Winter-Nieder-«.
»	33	»	21	»	oben	»	»450« lese »540«.
»	45	»	3	»	»	»	»Veränderung« lese »Verkleinerung«.
»	52	»	15	»	»	»	»Tuffschicht« lese »Tufflage«.
»	90	»	26	»	»	»	»Nieder-« lese »Minder-«.
»	141	»	4	»	»	»	»werden« lese »worden«.
»	157	»	4	»	unten	»	»bejaht« lese »beantwortet«.

Einleitung und geschichtliche Uebersicht.

Unter den verschiedenartigen Gebieten, deren Pflege als ein wirksamer Hebel zur Förderung des gemeinen Wohles erkannt ist, erfahren der Schutz gegen die zerstörenden Wirkungen des fliessenden Wassers in den höheren Binnenländern und die Nutzbarmachung seiner segenspendenden Eigenschaften und Kräfte in unserer Zeit mehr als je die werkthätige öffentliche Fürsorge; — und es ist das obere Flussgebiet des Rheines von seinen und seiner Zuflüsse Quellen bis dahin, wo er zum grossen schiffbaren Strome wird, in dem wir eine lohnende Thätigkeit nach dieser Richtung in reichem Masse entfaltet sehen.

In fruchtbaren Thälern und Niederungen mit wohlhabenden Ortschaften und blühenden Gewerben, durchzogen von guten Strassen und Eisenbahnen, wo vordem nur dürftige, häufiger Gefahr der Zerstörung ausgesetzte Bodencultur, öde Flächen und Sümpfe bestunden, wo die Bevölkerung oft viele Jahre lang sich abgemüht hatte, in vergeblichem, weil systemlosem Kampfe gegen die Ausschreitungen der Gewässer und Armuth und wohl auch Krankheiten herrschten, — dem Verkehre und der Industrie ehedem fast verschlossene Gegenden, — erkennen wir die durch Flusscorrectionen, Entsumpfungen und Bewässerungen, Verbauungen der Wildwasser u. dgl. nicht selten mit schweren Opfern errungenen Erfolge der durch vereinte Kräfte der Interessenten, durch Gemeinden und Staat gemachten Anstrengungen.

Ein solches Meliorationsunternehmen liegt auch in der angestrebten Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensees vor. Zwar ist es hier nicht die Verhütung gewaltiger Zerstörungen, nicht die Beseitigung unerträglicher Uebelstände, auch nicht der Gewinn an ausgedehntem Kulturgelände, welche als Ziel des Unternehmens vorgesteckt sind; die Städte und Dörfer an den Ufern des Bodensee's erfreuen sich vielmehr fast ausnahmslos guten Gedeihens; sie sind durch Verkehrsmittel aller Art zu Wasser und zu Land verbunden, Felder, Wiesen und Weinberge, Gärten und Villenanlagen reichen fast überall bis an das Gestade, dessen Vertheidigung gegen die Stürme des See's nicht allzu schwierig ist. Auch die alljährlich sich

einstellende Erhebung des Seeniveau's wird im allgemeinen kaum als ein belangreicher Nachtheil empfunden, weil die Ausdehnung der Bodencultur, wie alle künstlichen Anlagen an den Ufern durch diese periodischen Anschwellungen des See's seit Alters her bedingt, ihnen angepasst sind.

Um so empfindlicher aber werden die Folgen, wenn die Anschwellung zu Zeiten einen aussergewöhnlich hohen Stand erreicht. Dann tritt der See auf grosse Strecken über seine Ufer aus, Gärten, Feld und Wiesen und die niedrigen Riedflächen werden weithin überfluthet, das Wasser dringt in die Keller und unteren Geschosse der Gebäude, der Verkehr ist vielfach gestört. Orts- und Landstrassen kommen unter Wasser, die Benützung der Hafenanstalten und Landungsplätze wird erschwert, theilweise unmöglich und der Rückstau des hohen See's äussert seinen schädlichen Einfluss auf die Flussmündungen, auf den Abzug der Binnenwasser und die Entwässerungen der Uferorte. Wenn dann noch die Wogen des sturmbewegten See's über die Ufer fortrollen, so bleiben auch Beschädigungen an Gelände und Gebäuden, an Uferbauten, Hafen-, Strassen- und selbst Eisenbahnanlagen nicht aus, und ist es zu all' dem die in der Regel lange Dauer solcher hoher Seestände, die sie zu einer für die wirthschaftlichen und sanitären Verhältnisse der Anwohner oft drückend fühlbaren Calamität gestaltet, deren Beseitigung oder doch Minderung von ihnen seit lange ersehnt, nach jedem bedeutenden Hochwasser von neuem begehrt wird.

Der Natur der Sache nach ist die Möglichkeit rationeller Abwehr gegen die schädlichen Folgen solcher Hochwasser durch örtliche Massnahmen im allgemeinen ausgeschlossen; eine Abhülfe des Uebels ist vielmehr nur durch Beseitigung der Ursache desselben, durch solche Operationen denkbar, welche eine Verminderung der Ansteigung des Wasserspiegels, mithin eine Aenderung des Seeregimes bezwecken und deren Wirkung sich also auch auf den See in seinem ganzen Umfange erstrecken muss. Wo aber bei einem Objecte von der Bedeutung des Bodensee's ein derartiges Eingreifen in Rede steht, da kann es nur die Staatsregierung, und gemäss den hier vorliegenden Territorialverhältnissen nur die Gesammtheit der Regierungen der Bodenseeuferstaaten sein, welche die Frage mit Berücksichtigung aller durch die angestrebte Aenderung tangirten Interessen prüft, und wenn das Unternehmen als Erfolg versprechend, als zulässig und technisch und finanziell ausführbar erkannt ist, dessen Verwirklichung ermöglicht als einer den Seeanwohnern der verschiedenen Staatengebiete gemeinsamen Angelegenheit.

Diese Gemeinschaft der Interessen ist denn auch in der seitherigen Behandlung des Gegenstandes stets zum Ausdruck gekommen.

Die ersten auf die Regulirung der Bodenseewasserstände zielenden Anregungen gingen nicht einmal von den Seeanwohnern aus, sondern sie waren veranlasst durch die traurige Lage, in welche das St. Gallische Unterrheinthal in Folge der seit etwa achtzig Jahren rapid zunehmenden Verschlimmerung der Zustände des Rheins daselbst versetzt worden ist und durch die über die Verbesserung derselben gepflogenen Erörterungen; und zwar war es erstmals der St. Gallische Bauinspector W. Hartmann, der in einem Berichte über die Rhein-

wuhrcorrection vom 7. September 1847 [1] die Frage der Senkung der hohen Seewasserstände zur Sprache gebracht hat. Nachdem dort ausgeführt, wie die Verlegung der Ausmündung des Rheines in den See unerlässliche Bedingung sei für das Gelingen des Rheincorrectionsunternehmens, wird auf die Nothwendigkeit hingewiesen: „auch darüber Untersuch zu pflegen, wie sich die „Fläche des See's zur Rheinausmündung verhalte, und ob nicht mit lohnenden „Kosten der Stand des See's, welcher augenscheinlich an seinem Ausflusse „bei Constanz durch immer mehr sich häufende Hindernisse gestört wird, „besser regulirt und namentlich der lang andauernde hohe Wasserstand „wenigstens abgekürzt werden könnte. Obgleich dieser Gegenstand," führt Hartmann fort, „vom höchsten Interesse für alle Bodenseestaaten ist, so wurde „gleichwohl unseres Wissens bisher noch kein genauer Untersuch darüber ge„pflogen; nun es sich aber um eine so wichtige Sache, wie eine durchgreifende, „systematische Rheincorrection handelt, dürfte es wohl an der Zeit sein, eine „gemeinschaftliche Behandlung dieser Sache mit den Uferstaaten einzuleiten."

Ein um dieselbe Zeit über den gleichen Gegenstand erstattetes Gutachten des Ingenieur-Oberst H. Pestalozzi in Zürich geht noch näher auf unsere Frage ein. Die Rückstauung des Bodensee's wird hier als eine schädliche Hemmung des Rheinabflusses bezeichnet und nachzuweisen versucht, dass, wie ausweislich vorgenommener Untersuchungen am Vierwaldstättersee, Genfer- und Zürichersee, auch am Bodensee in der neueren Zeit raschere Anschwellungen als Folge „der stets fortschreitenden Verwitterung der Gebirge, der sorglosen „Waldwirthschaft im Hochgebirge und der sorgsameren Benützung der Wasser„kräfte am Ausfluss der Seen" zu constatiren sei. Pestalozzi betrachtet die neuerliche Vermehrung der dem See zufliessenden Wassermassen als eine ausgemachte Thatsache und erachtet demnach zur Wiederherstellung der vormaligen Beziehung zwischen See-Zu- und Abfluss eine Vergrösserung des letzteren für durchaus nothwendig und auch durch entsprechende Aenderungen des Seeausflusses bei Constanz für unschwer ausführbar, nachdem er die Abflussverhältnisse daselbst untersucht und in den damaligen Rheinmühlen ein künstlich geschaffenes Hinderniss für den Seeabfluss erkannt hatte. „Solche Wahrneh„mungen," bemerkt er dann, „wären wohl geeignet, die Bewohner der Gestade „des Bodensee's, die alle unter den zu hohen Wasserständen leiden, zu ver„anlassen, ihre respectiven Regierungen für eine Untersuchung der Seeabfluss„verhältnisse anzugehen. Betheiligt sind von Seite der Schweiz die Cantone „St. Gallen und Thurgau, von auswärtigen Staaten Oesterreich, Baiern, Württem„berg und Baden, und eine gemeinsam durch diese Staaten angeordnete Unter„suchung durch Sachkundige würde über den Zustand des Seeabflusses und über „die Möglichkeit seiner Verstärkung die vollständigsten Aufschlüsse geben."

In gleichem Sinne wie Hartmann's und Pestalozzi's Berichte spricht sich auch das Protocoll einer Conferenz Oesterreichischer und St. Gallischer Delegirter aus, welche am 12. October 1848 in Sachen der Rheincorrection zu

[1] Actensammlung über die Verhältnisse des Rheins im Canton St. Gallen. Amtliche Ausgabe. 1. Heft. 1848.

Rheineck tagten: „Einen weiteren wichtigen Gegenstand der Verhandlung,“ heisst es dort, „bietet die Tieferlegung des Bodensee's, damit er den mittleren „Wasserstand ständig erhalte, um einerseits die Nachtheile der Ueberschwem„mungen zu beseitigen, anderseits aber den Seehäfen den nöthigen Wasser„stand im Winter zu erhalten. .... Technische Erhebungen werden gepflogen „werden; man hält daher für nothwendig, dass vor der Hand sämmtliche „Regierungen der Uferstaaten davon mit dem Ansinnen in Kenntniss gesetzt „werden, sich für dieses nützliche Unternehmen zu interessiren, und dass „dieses Ansinnen zugleich von der hohen Regierung des Cantons St. Gallen „und der hohen Oesterreichischen Regierung ausgehen sollte.“

Die von verschiedenen Seiten wiederholten Hinweise auf die Möglichkeit einer Verbesserung der Zustände im Rheinthale durch künstliche Aenderung in dem Verhalten der Bodenseewasserstände veranlassten sodann die Regierung des Cantons St. Gallen auch einer im Februar 1852 wegen des Rorschacher Hafenbaues berufenen Expertencommission die Frage vorzulegen, welche Vortheile für die Rheincorrection und die Bodenseeanwohner von einer Tieferlegung, resp. Regulirung des Bodensee's zu erwarten wären.[1] In ihrem Gutachten vom 10. Februar 1852 bestätigten die Experten — der königl. württembergische Oberbaurath Etzel, der eidgenössische Oberst, Oberingenieur des Cantons Graubündten, R. La Nicca und der grossh. badische Oberbaurath Sauerbeck — zwar die Nützlichkeit der in Antrag gekommenen Tieferlegung der Bodenseewasserstände für die Rheincorrection, sie bezweifelten auch nicht die Ausführbarkeit einer solchen Massregel durch angemessene Veränderung des Ausflussprofils am westlichen Ende des See's, ebenso wenig als den Vortheil, welchen sämmtliche Anwohner des Bodensee's von derselben ziehen würden. Abweichend von den früheren Beurtheilungen des Gegenstandes erachteten sie aber die Verwirklichung der Idee für weniger einfach; sie hielten namentlich auch dafür, dass, bedingt durch die Rücksichtnahme auf anderweitige Interessen — der Bodenseeschifffahrt und der Anwohner des unteren Rheines — das Mass der Senkung des Seespiegels und damit der Nutzen des Unternehmens für den oberen Rhein doch wieder in sehr enge Grenzen eingeschränkt werde und betonten schliesslich die Schwierigkeiten der Vereinbarung mehrerer Staaten über eine derartige Massregel, wenn sie auch allgemein als wünschenswerth und wohlthätig erkannt sei. Die letztere Erwägung mag denn auch wohl hauptsächlich Ursache gewesen sein, dass dem obengedachten Antrage der Rheinecker Conferenz eine Folge nicht gegeben worden ist.

Inzwischen war die Frage der Bodenseeregulirung aber auch aus den Kreisen der Seeanwohner angeregt worden, indem, veranlasst durch die in schneller Folge wiederholten hohen Seeanschwellungen von Ende der 1840ger und Anfang der 1850ger Jahre Vorstellungen von dorther an die Regierungen von Baden[2] und Thurgau gelangten, in welchen jene Anschwellungen

[1] Actensammlung von St. Gallen. 2. Heft. 1853.

[2] Namentlich war es Freiherr von und zu Bodmann, welcher, damals auswärtiges Mitglied der badischen Centralstelle für die Landwirthschaft, die Aufmerk-

einer zunehmenden Verschlimmerung des Seeregimes zugeschrieben und Abhülfe durch Erweiterung der Seeausflüsse bei Constanz und bei Eschenz befürwortet wurden. Den beiden genannten Regierungen schien die Sache immerhin wichtig genug, um zunächst den Thatbestand genauer festzustellen und die Möglichkeit der Abhülfe zu untersuchen. Ueber die hiezu erforderlichen, gemeinschaftlich auszuführenden Vorarbeiten wurde 1853 eine Verständigung zwischen den badischen und thurgauischen technischen Behörden getroffen und darauf hin ein Nivellement des Rheines und Untersee's von Constanz bis Stein nebst einigen Querprofilen am Unterseeausfluss aufgenommen.

Diese 1853—54 ausgeführten Untersuchnngen ergaben durchaus keinen Anhalt für die am See gehegte Besorgniss fortschreitender Verschlimmerung der Abflussverhältnisse, und man gelangte auf Grund der nivellistischen Erhebungen zu der Ansicht, dass weder durch Abräumung der Geröllanhäufungen bei Eschenz, noch durch die Durchstechung der vermeintlichen Kies- und Sandbänke bei Constanz etwas Erkleckliches für den Hochwasserabfluss des Bodensee's zu gewinnen wäre, dass vielmehr eine wesentliche Verbesserung nur erreicht werden könnte, am Unterseeausfluss durch Austiefung des Rheinbettes von Stein gegen Schaffhausen, an dem Ausfluss des oberen See's [1] durch Aenderung, womöglich Beseitigung der Stauwerke der Constanzer Rheinmühlen. Indem man dann weiter annahm, dass die Vermehrung der Intensität des Unterseeausflusses jedenfalls nur mit namhaftem Kostenaufwande zu erzielen sein würde und auch nicht zur vollen Wirkung kommen könnte, so lange die Stauwerke bei Constanz unverändert bestehen, während die Verbesserung der Abflussverhältnisse hier minder schwer erreichbar schien, so wurde nun diese in erster Reihe näher in's Auge gefasst. [2]

Bevor indess die weitere Verfolgung des Gegenstandes, die sich zunächst auf urkundliche Nachforschungen über die Rechtsverhältnisse der Constanzer Rheinmühlen gerichtet hatte, zu einem Resultate gekommen war, trat eine plötzliche Aenderung der Sachlage ein dadurch, dass jene Mühlen mit der hölzernen Rheinbrücke am 1. Juni 1856 durch Brand gänzlich zerstört wurden. Ueberall in den Kreisen der Interessenten schöpfte man jetzt neue Hoffnung auf Verwirklichung der ersehnten Verbesserung des Seeabflusses. Die Regierung des Cantons St. Gallen insbesondere wandte sich sofort nach dem Brückenbrande an den schweizerischen Bundesrath mit dem Gesuche

samkeit seiner Regierung auf die Nothwendigkeit der Verbesserung des Seeabflusses zu lenken eifrigst bemüht war.

[1] Wir gebrauchen hier und im Folgenden den Ausdruck „oberer See" als Gegensatz zum Untersee für das grössere Becken zwischen Bregenz und Constanz, weil die Benennung Obersee in sehr verschiedenem Sinne gebraucht wird. Unter Bodensee verstehen wir das ganze durch den Rheinlauf zwischen Constanz und Ermatingen in zwei ungleiche Theile getrennte Bassin, also den oberen See und den Untersee zusammen. Der Sprachgebrauch der Anwohner benennt häufig die einzelnen Buchten als besondere See'n, so Ueberlinger-, Zeller-, Gnadensee u. s. w., Bezeichnungen, die für unsere hydrographischen Untersuchungen ohne Bedeutung sind.

[2] Acten der Gr. badischen Oberdirection des Wasser- und Strassenbaues.

um alsbaldige Einleitung von Unterhandlungen mit den betheiligten Regierungen, dahin gehend, dass in dem Rheinbette bei Constanz für die Folge keinerlei, den Seeabfluss hemmende Bauten errichtet werden möchten. Auf eine in diesem Sinne an die Gr. badische Gesandtschaft in Bern gerichtete Note des schweizerischen Bundesraths vom 1. August 1856 erklärte sich die Gr. badische Regierung sogleich zur Mitwirkung bereit und ordnete auch die unverzügliche Wegräumung der Ueberreste der Rheinmühlen und deren Stauwerke an. [1]

Nachdem hierauf durch beiderseits abgeordnete Commissäre [2] Localeinsicht und eine Untersuchung der Abflussverhältnisse stattgefunden und diese in einem gemeinschaftlichen Protocolle, d. d. Constanz, 10. December 1856, sich dahin ausgesprochen hatten, „dass die für die früheren Rheinmühlen „bestandenen und zum grossen Theil noch bestehenden Wasserbauten für den „naturgemässen Abfluss des Obersee's ein künstliches Hinderniss bilden, „dessen gänzliche Beseitigung im Interesse aller Uferstaaten dringend geboten „sei," zeigten sich im weiteren Verlaufe der Verhandlungen auch die Regierungen von Baiern, Oesterreich und Württemberg dem gemeinsamen Vorgehen in der Sache geneigt und es traten am 27. August 1857 Abgeordnete der Regierungen der sämmtlichen Bodenseeuferstaaten zu Constanz zusammen; jeder Staat war durch je einen Administrativbeamten und einen Techniker vertreten. Als Ergebniss der viertägigen Berathungen und örtlichen Erhebungen wurde in der Schlussconferenz vom 31. August eine Vereinbarung entworfen, wonach die Rheinmühlen bei Constanz nicht wieder hergestellt, die vorhandenen Ueberreste noch vollständig entfernt und die Herstellung ähnlicher Werke für die Zukunft nicht mehr gestattet werden sollte. Ferner wurde eine Normalprofilbreite der Brückenstelle festgesetzt und für die Erhaltung der Niederwasserhöhe des See's fürsorgliche Bestimmung getroffen. Ein Theil der Kosten für die Wegräumung der Mühlenreste, sowie die der Stadtgemeinde Constanz für die Verzichtleistung auf ihre Mühlen- und Wasserrechte zu bewilligende Geldentschädigung wurden unter den Uferstaaten repartirt nach Massgabe der Uferlängen der verschiedenen Hoheitsgebiete des oberen See's, der Beschaffenheit der Ufer und der den verschiedenen Staaten aus den vereinbarten Massregeln zugehenden besonderen Vortheile. Die Vereinbarung, Anlage I, welcher beizutreten die Abgeordneten von Baiern und von Württemberg Bedenken getragen hatten, weil sie eine nachtheilige Senkung der niederen Seestände als Folge der Profilerweiterung bei Constanz besorgten, wurde nachmals von den sämmtlichen betheiligten Regierungen vorbehaltslos ratificirt und zum Vollzug gebracht: das Bett des Rheines von den letzten Resten des Wasserbaues der ehemaligen Rheinmühlen geräumt und bei der Herstellung der neuen massiven Brücke auf die Einhaltung der gemeinschaftlich stipulirten Normalbreite Bedacht genommen und war damit nun die vielerörterte Frage über die Verbesserung des Seeabflusses bei Constanz zu einem allseitig befriedigenden Abschluss gekommen.

[1] Actensammlung von St. Gallen. 4. Heft. 1859.
[2] Von Baden: Baurath Gerwig, von der Schweiz: Oberingenieur Hartmann.

Die mässigen Ansteigungen der Seehochwasser in dem auf den Brand der Constanzer Rheinbrücke folgenden Jahrzehnt boten keinen Anlass, an dem günstigen Erfolge der getroffenen Massregeln zu zweifeln, ja fast gewann es den Anschein, als ob mit der Beseitigung der Abflusshindernisse bei Constanz allen berechtigten Wünschen in Bezug auf die Minderung der Seeanschwellungen genügend entsprochen sei. Als dann aber in der zweiten Hälfte der 1860er Jahre und namentlich 1867 der Seespiegel sich wieder auf eine bedeutende Höhe erhob und abermals Beschädigungen und Nachtheile an den Ufergeländen und in den Uferorten zu beklagen waren, trat das Verlangen nach weiterer Verbesserung der Abflussverhältnisse des Bodensee's wieder hervor und richtete sich dasselbe jetzt auf die früher schon angestrebte Regulirung des Unterseeabflusses, bezüglich deren Durchführung auch in den dem Protocolle der Constanzer Conferenz von 1857 beigegebenen technischen Erläuterungen eine Vereinbarung unter den „betreffenden hohen Regierungen“ als sehr wünschenswerth empfohlen worden ist.

Die Anregung ging diessmal von den Unterseeanwohnern aus. Ein ausführlicher Bericht des Gr. Cultur-Ingenieurs in Constanz brachte die Wünsche der badischen Gemeinden zur Kenntniss seiner Regierung und beleuchtete den Nutzen einer Senkung der Hochwasserstände des See's namentlich für die landwirthschaftlichen Interessen. Gleichzeitig hatten sich auch die Organe der badischen Ufergemeinden mit ihren thurgauischen Nachbarn wegen Anregung des Gegenstandes bei den dortigen Behörden in's Benehmen gesetzt und waren fast überall lebhaftem Interesse an der Sache begegnet. Durch diese Kundgebungen sahen sich denn nun die Gr. badische Regierung und der schweizerische Bundesrath, letzterer nach Einvernahme der Regierungen von Thurgau und von Schaffhausen veranlasst, die Untersuchungen betreffs der Regulirung des Unterseeausflusses wieder aufzunehmen, und wurden zunächst beiderseits technische Abgeordnete zur Vorberathung des Gegenstandes committirt. Der hierauf bezügliche Notenwechsel fand im Jahr 1871 statt.

Vor allem galt es nun, die von den früheren Untersuchungen noch vorhandenen wenigen Materialien, namentlich mit Rücksicht auf die durch die Erweiterung des Constanzer Abflussprofiles eingetretenen Aenderungen wenigstens soweit zu ergänzen, als zur Beurtheilung der wichtigsten thatsächlichen Verhältnisse erforderlich schien. In Folge der in jener Zeit ganz ausserordentlichen Inanspruchnahme der technischen Kräfte auf dem Gebiete der Bauthätigkeit und durch mehrfache widrige Uebelstände verzögert, konnten jedoch diese durch die badischen Ingenieure besorgten Arbeiten erst mit Jahresbeginn 1873 beendigt werden und nun die Einberufung der Commission erfolgen. Sie trat am 24. März jenes Jahres zu Constanz zusammen.

In vier Tagen nahm die Commission Localbesichtigungen an allen von den hohen Seeständen benachtheiligten Stellen der Unterseeufer, sowie des Seeausflusses bei Eschenz und Stein vor, zog nähere Erkundigungen bei den Anwohnern ein und vereinigte sich wiederholt zu gemeinschaftlichen Berathungen, über welche die als Anlage II hier angefügten Protocolle geführt worden sind. Das Ergebniss der Verhandlungen war ein der Sache so weit

günstiges, als es dies nach dem der Conferenz vorgelegenen, nur in ganz generellen Vorarbeiten bestehenden Materiale sein konnte. Soviel hieraus auf die allgemeinen hydrographischen Verhältnisse des Seeausflusses zu schliessen war, konnte die Frage über die Möglichkeit der Tieferlegung der höchsten Seestände durch Regulirung der Unterseeausmündung in dem für die Interessen der Seeanwohner zu wünschenden Masse bejaht und der Nutzen des Unternehmens als erheblich anerkannt werden und zwar für die Anwohner nicht nur des Untersee's, sondern des Bodensee's in seinem ganzen Umfange. Ob aber dieser Nutzen mit dem zur Ausführung des Unternehmens nöthig werdenden Kostenaufwande noch in richtigem Verhältnisse stehen werde, hierüber ein Urtheil abzugeben, ja nur eine Muthmassung auszusprechen, sah man sich um so weniger in der Lage, als bei dem Fehlen detaillirter Vorarbeiten schon die Frage über die Tragweite und die practische Ausführbarkeit der in den Berathungen zur Sprache gekommenen verschiedenen Massregeln offen bleiben musste. Einstimmig war die Commission der Ueberzeugung, dass sich die angestrebte Senkung der Hochwasserstände ohne Nachtheil für den Schifffahrtsbetrieb werde bewirken lassen, während darüber, ob die Regulirung des Unterseeausflusses auch ohne Nachtheil für Canton und Stadt Schaffhausen durchzuführen sein werde, eine vollständige Uebereinstimmung der Ansichten nicht erzielt ward, indem die Abgeordneten der Regierung des genannten Cantons sich ihrer nach dieser Richtung gehegten Besorgnisse nicht entschlagen konnten und zu deren Widerlegung der Commission das nöthige Material abgieng.

Als daher die Conferenzprotocolle mit einem das Ergebniss der Berathungen resumirenden Gutachten entsprechenden Orts zur Vorlage gelangt waren, nahm der schweizerische Bundesrath Anstand, bei der weiteren Verfolgung des Gegenstandes mitzuwirken, so lange nicht nachgewiesen sei, dass das für den einen Canton (Thurgau) nützliche Unternehmen anders als zum Schaden des zweiten betheiligten Cantons (Schaffhausen) verwirklicht werden könne. Die Gr. badische Regierung erklärte sich dann auch damit einverstanden, dass zunächst diese Frage näherer gemeinschaftlicher Erörterung durch die technischen Abgeordneten unterzogen werde.

Dem zur Folge fand sich die Commission am 9. April 1874 zu einer zweiten Conferenz in Schaffhausen zusammen und gelangte dabei mit Einstimmigkeit zu dem Schlusse, dass nach den zwischen Bodensee und Rhein bei Schaffhausen bestehenden hydrometrischen Beziehungen eine Senkung der Hochwasserstände des ersteren keineswegs nothwendig schädliche Wirkungen für Schaffhausen im Gefolge haben müsse. Die Commission glaubte desshalb, dass die von Schaffhausen gehegten Besorgnisse auch nicht davon abhalten sollten, zur Vornahme der Detailstudien für die Regulirung des Seeausflusses zu schreiten, zumal die Schaffhauser Specialfrage sich doch erst auf Grund eines vorliegenden Projectes mit Sicherheit werde beurtheilen lassen.

Diese in dem Protocolle, Anlage III, niedergelegte Auffassung der technischen Vorberathungscommission fand die Billigung der betheiligten Regierungen, und einigten sich dieselben nun dahin, dass unter Einhaltung

eines zum Voraus bestimmten Kostenbetrages vollständige Vorarbeiten für die Verbesserung der Unterseeausmündung und zwar durch die badischen Ingenieure ausgeführt werden.

Zu gleicher Zeit ordnete die Gr. badische Regierung ihrerseits die Vornahme einer vollständigen und genauen Strommessung im Rhein bei Constanz an, eine Arbeit, die ebenso einem allgemein wissenschaftlichen Interesse genügen, als die Untersuchungen über die Abflussverhältnisse des See's und deren Regulirung fördern sollte.

Die Messungen und die weiteren Vorarbeiten wurden im Frühjahre 1875 in Angriff genommen und, mit den durch die Wasserstandsverhältnisse gebotenen Unterbrechungen, bis Ende 1876 fortgeführt.

Inzwischen hatte sich unter den Seeanwohnern das Interesse an der Sache noch namhaft gesteigert, hauptsächlich hervorgerufen durch die nach Höhe und Dauer ausserordentliche Seeanschwellung im Sommer 1876. Wiederholt und von verschiedenen Seiten wurde jetzt auf beschleunigte Abhülfe gedrängt. Die Beunruhigung, die sich Angesichts der langen Dauer des hohen Seestandes unter den Seeanwohnern eingestellt hatte, war es auch, welche, mehr als die zweifelhafte Aussicht auf Erfolg, die badische und die thurgauische Regierung bestimmte, im Einverständnisse mit jener von Schaffhausen im Juli jenes Jahres am Unterseeausfluss bei Stiegen einige Räumungsarbeiten vornehmen zu lassen.

Das umfangreiche Elaborat, welches sodann der technischen Vorberathungscommission bei ihrem dritten Zusammentritte, am 31. Januar 1877 in Constanz, zur Prüfung und Begutachtung vorgelegt wurde, bestund aus vollständigen Situations- und Profildarstellungen des Unterseeausflusses und des Rheines unterhalb Stein mit Einzeichnung eines Regulirungsprojectes, Berechnungen und graphischen Darstellungen zur Begründung desselben und Kostenüberschlägen über die Ausführung des Entwurfes. Eingehende Ermittelungen über den Umfang des Nutzens des Unternehmens lagen nur bezüglich der badischen und thurgauischen Uferstrecken vor, und fehlte es auch noch an dem zur näheren Beurtheilung der Abflussverhältnisse des Rheines bei Schaffhausen erforderlichen Materiale. Das Project fand in allen seinen Theilen den Beifall der Commission, und war diese demnach jetzt in der Lage, in dem Conferenzprotocolle, Anlage IV, ihr Gutachten von 1874 dahin zu erweitern, dass die angestrebte Regulirung der Abflussverhältnisse des Bodensee's in einer den an das Project zu stellenden Anforderungen genügend entsprechenden Weise practisch ausführbar erscheine und dass die Uferanwohner am ganzen Bodensee in den Genuss der Vortheile des Unternehmens kommen würden. Desshalb und weil die Commission, die bis daher nur aus Abgeordneten von Baden, der schweizerischen Eidgenossenschaft und der Cantone Thurgau und Schaffhausen bestanden hatte, sich der Ueberzeugung nicht erwehren konnte, dass der Kostenaufwand für die Ausführung der geplanten Massnahmen nicht in angemessenem Verhältnisse stehe zu dem aus dem Unternehmen zu erwartenden Nutzen, wie er sich an den Ufern des Untersee's allein ergeben würde, ging der Schlussantrag der Conferenz dahin,

es möchten nunmehr behufs Herbeiführung der Antheilnahme der bei den bisherigen Verhandlungen nicht vertretenen Regierungen der Bodenseeuferstaaten die geeigneten Schritte geschehen, welchem Antrage stattzugeben, die verhandelnden Regierungen sich denn auch entschlossen.

Unter Mittheilung einer gedrängten Darstellung über die früheren auf die Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's bezüglichen Erörterungen und über die seit 1871 zur Aufklärung der Frage ausgeführten Untersuchungen und deren Resultate erging jetzt an die Regierungen von Baiern, Oesterreich und Württemberg Seitens der Gr. badischen Regierung, an jene des Cantons St. Gallen Seitens des schweizerischen Bundesrathes die Einladung, zunächst durch technische Commissäre von den Oertlichkeiten und den vorliegenden Operaten Einsicht nehmen zu lassen.

Konnte schon Angesichts der Betheiligung der Uferstaaten des oberen See's bei der Beseitigung der Stauwerke zu Constanz auf Interesse der Regierungen dieser Staaten an der nun in Frage stehenden weiteren Verbesserung der Abflussverhältnisse des Bodensee's gerechnet werden, so erschien solche Erwartung gerade jetzt um so mehr berechtigt, als durch das vorausgegangene bedeutende Hochwasser die Erfahrung gewonnen war, in welch' hohem Masse das Bedürfniss einer wirksamen Regulirung des Seeabflusses zur Verhütung ähnlicher Uebelstände, wie sie im Sommer 1876 ringsum am Bodensee zu beklagen waren, vorhanden ist. Aber auch 1877 war das Verhalten der Bodenseewasserstände wohl geeignet, jenen Einladungen Nachdruck zu geben. Ohne dass, wie 1876, gerade aussergewöhnliche Witterungsverhältnisse vorausgegangen, erhob sich das Niveau des See's im Sommer 1877 abermals auf solch' hohen Stand, der auch wieder mehrere Wochen dauernd anhielt, dass die Beschädigungen und Nachtheile am See, wenn auch nicht in dem Masse des vorangegangenen Jahres, sich wiederholten und den Seeanwohnern neuen Anlass gaben zu Besorgnissen für die Zukunft und zu dem Verlangen nach Abhülfe. Letzterem Ausdruck zu verleihen und hierauf zielende Vorstellungen an die betreffenden Staatsbehörden zu berathen, war der Zweck einer im August 1877 zu Constanz stattgehabten Versammlung von Abgeordneten fast sämmtlicher Uferorte des Bodensee's.

Bald darauf zeigte sich aber auch eine gegen die projectirte Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's gerichtete Bewegung. Auf eine von Schaffhausen ausgegangene Anregung tagte nämlich zu Brugg im Canton Aargau im Herbst 1877 eine Versammlung von Abgeordneten der an dem Rhein zwischen Bodensee und Basel angrenzenden Schweizercantone. Hier wurden, wie Zeitungsberichte meldeten, ernstliche Befürchtungen ausgesprochen, dass durch die etwaige Ausführung der im Plane liegenden Regulirung des Bodenseeabflusses die Interessen der Rheinanwohner verletzt würden und beschlossen, bei der höchsten Bundesbehörde um Abwendung dieses mehreren Cantonen drohenden Schadens vorstellig zu werden, welcher Beschluss indess nicht zum Vollzug gelangt ist. Aehnliche Besorgnisse tauchten dann auch vereinzelt in der baierischen Rheinpfalz und im Grossherzogthum Hessen auf, als die Frage der Tieferlegung der Bodenseewasserstände im Sinne der

Brugger Verhandlung und vielfach auf missverständlicher Auffassung beruhend, in der Tagespresse und in mehreren Zeitschriften besprochen worden war.

Mittlerweile hatten die Regierungen von Baiern, Oesterreich und Württemberg, wie jene des Cantons St. Gallen, auf die an sie ergangenen Einladungen zustimmend sich erklärt und technische Commissäre ernannt, welche sich sodann mit jenen der badischen Regierung, des schweizerischen Bundesraths und der Cantone Thurgau und Schaffhausen am 10. Januar 1878 zu Constanz zusammenfanden. Die Vorarbeiten und das Project, wie sie der Conferenz von 1877 schon vorgelegen hatten, waren nun nochmals Gegenstand der Prüfung, und wurde abermals eine Besichtigung des Unterseeausflusses und des Rheines zwischen Stein und Schaffhausen vorgenommen.

Das Ergebniss dieser jüngsten in der Sache stattgehabten Conferenz ging im Wesentlichen dahin, dass die technischen Commissäre der bei den früheren Verhandlungen nicht vertretenen Regierungen, wie auch der Abgeordnete von Schaffhausen die Art der Behandlung und die Grundzüge des vorgelegten Projectes zwar als sachgemäss anerkannten, sich aber nicht in der Lage sahen, lediglich auf Grund der Einsichtnahme des Elaborates, der hiezu gegebenen mündlichen Erläuterungen und des Besuches der Oertlichkeiten sich ein bestimmtes Urtheil zu bilden, vielmehr glaubten, dass ein solches erst nach einlässlichem Studium des schwierigen und die mannigfachsten Interessen berührenden Gegenstandes möglich sei. Zu diesem Behufe wurde zunächst die Vervielfältigung der vorhandenen Operate und Mittheilung derselben an die betheiligten Regierungen gewünscht, wodurch diese in Stand gesetzt würden, bei den etwaigen weiteren vorbereitenden Verhandlungen diejenige Stellung zu nehmen, die sie, den von ihnen zu vertretenden Interessen entsprechend, für angemessen und für geboten erachten müssen. Auf die Vorlage des Conferenzprotocolles d. d. Constanz, 12. Januar 1878, Anlage V, beschlossen die Gr. badische Regierung und der schweizerische Bundesrath dem darin niedergelegten Ersuchen der Abgeordneten von Baiern, Oesterreich, Württemberg, St. Gallen und Schaffhausen stattzugeben, und zwar übernahm es die Gr. badische Regierung, die Vervielfältigung der Vorarbeiten in geeigneter Weise zu veranlassen.

Die in den Conferenzen von 1877 und 1878 vorgelegenen Plane, graphischen Darstellungen und Berechnungen waren aber nicht durchweg zur Vervielfältigung passend behandelt, die Erläuterungen und Begründungen des Projectes in den verschiedenen Conferenzprotocollen und Beilagen vertheilt und Manches, dessen Kenntniss in weiteren Kreisen nicht mehr vorausgesetzt werden durfte, nur flüchtig angedeutet. Das Studium der Elaborate, so wie sie allmählig entstanden, hätte desshalb genöthigt, denselben mühsamen Weg Schritt für Schritt zu verfolgen, wie er bei den Vorarbeiten — oft unsicher tastend — eingeschlagen werden musste. Dem Zwecke der Vervielfältigung und Mittheilung der Arbeiten erschien es daher entsprechend, dieselben nach mehreren Richtungen zu ergänzen und deren Ergebnisse in eine abgerundete Darstellung zusammenzufassen, welcher Aufgabe zu genügen in dem Folgenden versucht worden ist. —

I.

Das Regime des Bodensee's.

Die allgemeinen physikalischen und topographischen Verhältnisse des Bodensee's als bekannt vorausgesetzt, sollen hier seine speciellen hydrographischen Eigenschaften, jene Relationen und Wechselwirkungen, deren gesetzmässiges Verhalten man unter der in der Ueberschrift gewählten Bezeichnung zusammenfassen kann, Gegenstand der Erörterung sein. Sie wird umsoweniger überflüssig erscheinen, als es zur Zeit an einer den wissenschaftlichen Anforderungen entsprechenden pragmatischen Darstellung hierüber fehlt, die Ergebnisse einzelner Untersuchungen entweder gar nicht zur Publication gelangt oder da und dort in der Literatur zerstreut sind und in manchen, sogar wichtigen Beziehungen erst in der jüngsten Zeit an Stelle unsicherer und hypothetischer Annahmen und Vermuthungen die Resultate exacter Ermittlungen treten konnten. Zur Erkenntniss des Seeregimes genügt es aber nicht, allein nur die gegenwärtigen Zustände zu constatiren; es muss vielmehr der Versuch einer Klarstellung der hydrographischen Verhältnisse des Bodensee's sich auch mit der Frage befassen, welche Veränderungen im Laufe der Zeiten stattgefunden und für die Folge etwa noch zu erwarten sein möchten. Doch sollen uns diese Untersuchungen nur innerhalb der Grenzen beschäftigen, welche einerseits durch geschichtlich-topographischen und statistischen Nachweis, anderseits durch das mit Hülfe wissenschaftlicher Analyse Erreichbare, durch methodisch-objective Erkenntniss gezogen sind. Dabei kann, weil dem Zwecke unserer Untersuchungen ferner liegend, auf die Behandlung des weittragenden Themas über die geologische Bildung des Seebeckens und damit verwandte Fragen hier füglich verzichtet werden.

Den ältesten Nachrichten über den Bodensee begegnen wir bei Strabo (um 20 n. Chr.), Pomponius Mela (um 40 n. Chr.), Julius Solinus (im 3. Jahrhundert) und bei Ammianus Marcellinus (im 4. Jahrhundert).[1] Strabo be-

[1] Julius Cäsar scheint unseren See nicht gekannt zu haben; auch bei Ptolomäus (um 14 n. Chr.) wird er nicht erwähnt, wohl aber die Stadt Brigantium. Ptolomäus

richtet über die Lage des See's zwischen den Quellen der Donau und des Rheins, welch' letzterer sich unweit seines Ursprunges in Sümpfe ergiesse, und macht Angaben über Umfang und Breite des von dem dichten hercynischen Wald umgebenen Gewässers. Mela nennt schon zwei See'n — Venetus und Acronius — die der Rhein nicht fern von seinen Quellen bilde. Solinus rühmt die schöne Umgebung des Bodensee's. Eine lebhafte Schilderung unseres See's hat Ammian entworfen. Sie hat sehr verschiedene Interpretation erfahren und zu mancherlei Folgerungen über Umgestaltungen, welche sich seit dem 4. Jahrhundert mit dem Bodensee vollzogen haben sollten, Anlass gegeben.[1] Im Ganzen sind die Angaben bei den genannten römischen Schriftstellern, soweit sie für uns in Betracht kommen könnten, dürftig, nnklar und auch von zweifelhafter Glaubwürdigkeit.

Die erste vollständigere und als Quelle vielfach benützte Beschreibung des oberen Bodensee's hat der St. Gallische Staatsmann, Reformator und Gelehrte Vadianus (1484—1551)[2] in einer Handschrift niedergelegt, die dann von Stumpff in seiner helvetischen Chronik (1606) ausgiebig benützt worden ist. Mehr oder minder fragwürdige Daten über einzelne auf den Bodensee bezügliche Vorkommnisse finden sich dann in den Schriften Gabriel Bucelin's[3] und bei den Chronisten der Seeuferstädte.[4]

war übrigens, ebensowenig als Strabo und Mela, jemals an den Ufern des Bodensee's. Ammian soll um 359 mit dem römischen Feldherrn Barbatio in unsere Gegend gekommen sein und sein Bericht auf eigener Anschauung beruhen; doch wird dies, wohl nicht ohne Grund, bezweifelt.

[1] Die vielbesprochene Stelle bei Ammian lautet in G. Schwab's Uebersetzung: „Zwischen den Klüften der höchsten Berge entspringt der Rhein mit gewaltigem Stoss, bahnt sich über abschüssige Klippen ein Bett, ohne Zuwachs fremder Wasser und strömt hin mit stürzendem Falle, wie der Nil durch seine Cataracten. Und er könnte vom Ursprung an beschifft werden, da er Ueberfluss an eigenem Wasser hat, wenn er nicht einem Rennenden (ruenti) ähnlicher dahinliefe, als einem fliessenden. Und schon ins Freie hinausgetreten (absolutus) und die tiefen Spaltungen seiner Ufer bespülend, tritt er in einen runden und ungeheuern See ein (Brigantia nennt ihn der anwohnende Rhätier), der 460 Stadien lang ist und fast in gleiche Breite sich ergiesst, unzugänglich durch das Grauen trauernder Wälder, ausser wo jene alte nüchterne Römertugend einen breiten Weg angelegt hat: denn die Natur der Oeden und des Himmels Unfreundlichkeit streitet wider die Barbaren. Durch diesen Sumpf bricht der Strom brausend mit schäumenden Wirbeln, wandelt rasch durch die träge Ruhe seiner Gewässer und durchschneidet sie wie mit einer scharf begrenzten Fläche; und wie ein durch ewige Zwietracht von ihm getrenntes Element, löst er sich wieder ab vom See mit nicht vermehrtem und nicht vermindertem Strome, mit ganzem Strome und ganzen Kräften und, auch ferner keine Ansteckung erleidend, taucht er sich in des Oceans innerste Tiefen. Und was gar wunderbar ist, das ruhende Gewässer des See's wird von dem raschen Durchgange nicht bewegt und der eilende Fluss von dem unter ihm schwimmenden Schlamme nicht aufgehalten; beider Stoff vereinigt und vermischt sich nicht; und lehrte nicht der Anblick, dass es wirklich so geschehe, so würde man glauben, keine Gewalt sollte die beiden von einander ferne halten können."

[2] Er hiess Joachim von Watt. Ueber sein Leben und seine Schriften s. Iselin's Lexicon IV, S. 707.

[3] Bucelinus, Constantia Rhenana etc. 1457. Lacus Potamici etc. 1458.

[4] Gregor Mangolt, Chronik von Constanz 1504. Schulthais Collectaneen zur Geschichte der Stadt Constanz bis zum Jahr 1676; Chronik von Ueberlingen u. a. m.

In der neueren Zeit ist es Hartmann's Beschreibung des Bodensee's,[1] die in ihrem hydrographischen Theile — wie es scheint — bei den jüngsten Behandlungen des gleichen Stoffes fast ausschliesslich zu Grunde gelegt worden ist. Letztere gehören zur Gattung jener compilatorischen, belehrenden Schriften, wie sie der frequente Reiseverkehr der von der Natur bevorzugten Gegenden ins Leben gerufen hat und deren Reihe bezüglich des Bodensee's von G. Schwab[2] würdig eröffnet worden ist. Vorwiegend geschichtlichen, ethnographischen und topographischen Inhaltes und bezüglich der hydrographischen Verhältnisse weniger gründlich, haben sie doch zur Beseitigung mancher traditioneller Irrthümer auch in letzterer Hinsicht beigetragen.

Schwieriger als aus der Literatur lässt sich aus den auf uns gekommenen älteren bildlichen und kartographischen Darstellungen des Bodensee's auf die früheren Zustände schliessen: die tabula Peutingeriana verzeichnet den Untersee gar nicht; die Karten des Bodensee's in Merian's Theatrum Europäum (1274), in Sebastian Münster's Cosmographie 1550, von Tibianus (Schönbein) 1578, im Rheinischen Antiquarius u. a. m. sind meist schlechte Holzschnitte, kaum geeignet ein ungefähres Bild des See's zu geben, in Bezug auf Grössenverhältnisse, wie auf Einzelheiten der Configuration der Ufer aber ohne Werth. Verlässlich ist die Gestalt und Grösse des Bodensee's erst im Laufe der letzten 50 Jahre durch die topographischen Landesvermessungen der Uferstaaten festgestellt worden. Aus diesen Kartenwerken wurde das Uebersichtskärtchen, Blatt I, Fig. 1, zusammengestellt.

Chronistisch und touristisch so vielfach behandelt, ist der Bodensee bis daher noch wenig Gegenstand hydrologischer Forschung gewesen und hat überhaupt, trotz mancher verdienstlicher Arbeiten, doch bei weitem nicht die Aufmerksamkeit hervorragender Gelehrter wie z. B. der Genfersee (seit de Saussure d. ä.) gefunden. Es mag dies unter anderm wohl auch darin seinen Grund haben, dass unser See sechs verschiedenen Staatengebieten angehört, umfassende physikalische und speciell hydrometrische Untersuchungen aber, weil in der Regel die Kräfte des Einzelnen übersteigend, nicht leicht anders als durch staatliche Fürsorge zu Stande kommen.[3] Indess liegen nun doch seit 60 Jahren regelmässige Aufzeichnungen über die Bodenseewasserstände und auch Bearbeitungen des erwachsenen Materials namentlich Seitens des Königlich württembergischen statistisch-topographischen Bureau's vor.[4] Der Königlich württembergischen Regierung gebührt auch das Verdienst der ersten zuverlässigen Tiefenmessung des See's.[5] Die für die Kenntniss des

[1] G. L. Hartmann's Versuch einer Beschreibung des Bodensee's. St. Gallen 1808.

[2] Der Bodensee nebst dem Rheinthale. Handbuch für Reisende etc. von Gustav Schwab. Stuttgart 1827.

[3] Um so anerkennenswerther und erfreulicher ist es, dass neuerdings der Verein für Geschichte des Bodensee's und seiner Umgebung sich auch mit der naturwissenschaftlichen Erforschung des Seebeckens befasst. (Vergl. die Schriften des genannten Vereins.)

[4] Württembergische Jahrbücher 1867 u. ff.

[5] 1825—26 durch Gasser und Paulus ausgeführt. Menninger's württembergishe Jahrbücher 1826, 1. Heft.

Seeregimes ungleich wichtigeren Untersuchungen über die Abflussverhältnisse aber sind dem gemeinsamen Vorgehen der Regierungen von Baden und Thurgau, beziehungsweise des schweizerischen Bundesrathes zu verdanken. —

Eine erschöpfende Behandlung des unter Seeregime zu gruppirenden Stoffes liegt nun auch hier nicht in der Absicht. Die folgenden Betrachtungen über die einzelnen, das Verhalten des See's bestimmenden Factoren: Zuflüsse, Ausdehnung und Schwankungen des See's, Abflussverhältnisse und Seeretention sollen sich nicht weiter verbreiten, als zur eingehenden Beurtheilung der Motive des vorliegenden, eine Modification des Seeregimes anstrebenden Projectes nöthig oder doch dienlich erscheint.

A. Einzugsgebiet und Zuflüsse.

Das Einzugsgebiet des Bodensee's, identisch mit dem des Rheins oberhalb Stein a. Rh. und begrenzt durch die Hauptwasserscheiden zwischen der Nordsee, dem schwarzen und dem adriatischen Meere, auf der Südseite auch durch die Wasserscheide gegen die unterhalb des Bodensee's in den Rhein einmündende Thur umfasst im Ganzen, ausschliesslich des Seespiegels selbst, einen Flächenraum von 10,906 Quadratkilometer.[1]

Hievon entfallen auf das Flussgebiet des Rheins oberhalb seines Eintritts in die Bodenseeniederung allein 6564 qkm, somit ca. drei Fünftel des Gesammteinzugsgebiets des See's. Desshalb ist es auch der Rhein, der das Regime des Bodensee's in erster Reihe bestimmt, und ist letzterer von jeher als Theil des Rheins angesehen worden.[2]

a. Der Rhein als Zufluss des Bodensee's.

Der Rhein trägt noch bis zu seinem Einlaufe in den Bodensee den Charakter eines alpinen Gebirgsflusses — nicht sowohl in seinen rapiden und gewaltigen Anschwellungen, als in dem regelmässig eintretenden Sommerhochwasser.

In den Wintermonaten, in denen die Niederschläge spärlicher und im Mittel- und Hochgebirge grösserentheils in Form von Schnee erfolgen, hat der Rhein anhaltende niedere Wasserstände, in der Regel die niedrigsten im Monate Februar. Mit dem Eintritte des Frühjahrs mit reichlicherem Regen und Abgang des Schnees in den Vorbergen der Alpen beginnt das Flussbett sich höher zu füllen. Von Anfang den Wechseln der Witterung folgend in schroffen Schwankungen, wird der Wasserstand stetig höher und das Steigen

[1] Das in dieser Zahl enthaltene Einzugsgebiet des Rheines oberhalb des Bodensee's bei Au wurde den Bülletins der schweizerischen hydrometrischen Beobachtungen entnommen, die übrige Fläche durch Messung auf den topographischen Karten der Uferstaaten ermittelt.

[2] Der See wird schon bei den Römern auch Lacus Rheni genannt.

kräftiger, wenn dann der Sommer im Hochgebirge selbst seinen Einzug hält und die dort im Winterhalbjahre angehäuften, erstarrten Niederschlagswasser nun in Bewegung kommen. Die Abschmelzung der Schneefelder pflegt im Monat Mai zu beginnen und sich bis zum August zu erstrecken; sie erreicht unter normalen Witterungsverhältnissen ihren Höhepunkt meist in der zweiten Hälfte des Monates Juni und damit der Rhein die Culmination seiner alljährlichen Sommeranschwellung, die nach raschem Fallen in der Regel schon Anfangs August in einem nun gleich wieder ziemlich niederen Wasserstande ihr Ende findet.

Der erst in der zweiten Hälfte des Sommers durch verstärkte Abschmelzung kräftiger werdende Abfluss der verhältnissmässig nicht sehr ausgedehnten Gletscher der Quellgebiete des Rheines ist nicht ausreichend, um in dem Hauptflusse jene kräftigen Beharrungs-(Mittel-)Wasserstände zu erhalten, wie sie beispielsweise bei der Rhone, trotz der dort geringeren atmosphärischen Niederschläge, Monate lang durch die Gletscherwasser alimentirt, anzuhalten pflegen.[1]

Die Periodicität der hohen Sommerwasserstände kommt in der graphischen Darstellung der durchschnittlichen Monatsmittel der Wasserstandsbeobachtungen zu Au aus den Jahren 1868 bis einschliesslich 1876, Blatt VI Fig. 1ª zum Ausdruck.[2]

Die Regelmässigkeit der Zu- und Abnahme der Wasserführung des Rheines wird aber unterbrochen durch Anschwellungen in Folge aussergewöhnlicher Witterungsverhältnisse, welche Hochwasser ebensowohl mit dem normalen starken Sommerwasser zusammenfallen, als während der Niederwasserperiode als gewaltige Katastrophen auftreten können. Sie sind stets erzeugt durch starke und anhaltende Regenfälle, wie sie nicht selten nach rauher Frühjahrswitterung den Uebergang zur warmen Jahreszeit vermitteln und dann von plötzlichem Schneeabgang in den höheren Vorbergen begleitet sind, oft schon zusammentreffend mit der beginnenden Schneeschmelze im Hochgebirge, oder es sind die Tropenregen des Spätjahrs, die ohne jeglichen Zuwachs durch Schneewasser den Rhein zu einer ungewöhnlichen Höhe anzuschwellen vermögen. So fand die durch ihre gewaltigen Verheerungen bekannte Hochwasserkatastrophe vom Jahr 1868 in den Tagen vom 28. September bis 4. October statt. Die meisten bedeutenden Hochwasser des schweizerischen Oberrheines fallen aber doch in die Monate Mai, Juni und Juli, also in die Periode des normalen Sommerhochwassers.

An der dem Bodensee nächstgelegenen Pegelstation, bei Au, beträgt die mittlere Schwankung zwischen Winter-, Nieder- und Sommer-Hochwasser, d. i. zwischen mittlerem Februar- und mittlerem Junistande aus den Jahren

[1] Auf das Flussgebiet des Rheines oberhalb des Bodensee's von 6564 qkm entfallen nur 266 qkm Gletscher, während im Gebiet der Rhone oberhalb des Genfersee's bei der Gesammtausdehnung von 5382 qkm eine Fläche von 1041 qkm vergletschert ist.

[2] Nach den Bülletins der schweiz. hydrometrischen Beobachtungen construirt.

1868—1876 1,56 m, während der bekannte höchste Wasserstand sich 4,74 m über den bekannten niedersten Stand erhebt.

Die Flussbreite bei Au misst 140 m; das Längengefälle von der Graubündtner Grenze mit 3 pro mille bis zum See auf 0,15 pro mille abnehmend, beträgt zu Au bei mittlerem Sommerwasserstande noch etwa 0,5 pro mille. Dabei reicht der Rückstau des hohen Seewasserstandes bis gegen Rheineck.

Nach den mit den Beobachtungen und Berechnungen anderer am Rhein beschäftigten Hydrotecten übereinstimmenden Angaben von Oberingenieur Hartmann, dem vieljährigen Leiter der Rheinbauten im Canton St. Gallen, führt der Rhein bei niederem Stande nicht mehr als 50 cbm. pro Secunde und es ist für die ausserordentlichen Hochwasser die secundliche Wassermenge zu 1900 bis 2100 cbm. berechnet worden.[1] Hiernach ergibt sich eine Vertheilung der secundlichen Hochwassermenge auf das Einzugsgebiet:

bei gewöhnlichem Sommerhochwasser von 0,152 bis 0,198 pro qkm.,
bei ausserordentlichem Hochwasser von 0,289 bis 0,320 pro qkm.

Die Geschiebe- und Schlammführung des Rheines ist sehr bedeutend. Während aber bei dem gegenwärtigen Zustande noch an der Bündner-St. Galler Grenze Gerölle von mehreren Kilogramm Gewicht die Sohle des Rheinbettes bedecken, führen die unteren Flussstrecken — dem abnehmenden Gefälle entsprechend — nur noch Kies, Sand und Schlamm. Ersterer findet sich unterhalb Rheineck nur in verhältnissmässig geringer Menge und in kleineren Stücken (sogen. Bohnenkies); durch rasch anlaufende Hochwasser bei nicht hohem Seestande wird er stossweise bis dahin bewegt. In der Regel gelangen die gröberen Geschiebe schon oberhalb Rheineck, mehrentheils schon oberhalb des Monsteines zur Ruhe. In den See selbst bringt der Rhein nur Sand und Schlamm, dies aber zeitweise in sehr beträchtlichen Quantitäten.

Diese Massendeponirung von Sinkstoffen an der Ausmündung des Rheines und die dadurch bewirkte Abnahme des Bodenseebeckens nach Tiefe und Breite ist seit Vadian nie unerwähnt geblieben, wo die Grössenverhältnisse unseres See's besprochen wurden und es bestehen über diesen Punkt Angaben, die wohl geeignet wären, da Beunruhigung hervorzurufen, wo die hohen Ansteigungen der Bodenseewasserstände als eine Calamität empfunden werden oder dort, wo man an der regulirenden Wirkung des Bodensee's gegenüber dem Abflusse der Hochwasser ein Interesse hat oder zu haben glaubt.

Dass wir in der Niederung an der Ausmündung des Rheins in den Bodensee eine durch die Sinkstoffe des Flusses erzeugte Anschwemmung vor uns haben, ist nach der Höhenlage, der Bodenbeschaffenheit und der Configuration der Seeuferlinie kaum zu bestreiten. Für uns ist die Frage nur die, zu welcher Zeit sich diese Anschwemmung und der jetzige Rheinlauf zunächst der Ausmündung gebildet haben mögen und ob eine Weiterbildung derselben und in welchem Masse stattfindet.

[1] Vergl. Actensammlung von St. Gallen. 4. Heft. 1859. S. 115 und 116. — Nach neueren Erhebungen wäre auch diese Angabe noch zu nieder, vielmehr die grösste secundliche Wassermasse zu 3000 cbm und selbst noch höher anzunehmen.

Vadian und, dessen Ansicht folgend, Stumpff ziehen aus der Ammian'schen Beschreibung des Bodensee's den Schluss, dass noch im vierten Jahrhundert bei Rheineck eine weite Seebucht bestanden habe, weil der See von Ammian als rund (krumm?) bezeichnet wird.[1] Nun ist es allerdings die für die Glaubwürdigkeit von Ammian's, wie Strabo's Angaben günstigste Auffassung, wenn man annimmt, dass sie sich auf die Gegend am Rheinausflusse beziehen. Gerade dann aber spricht die Ammian'sche Schilderung viel eher dafür als dagegen, dass im vierten Jahrhundert die Terrainverhältnisse dort von den heutigen nicht viel verschieden gewesen sein können. Denkt man sich nämlich die Niederung zwischen den Orten Altenrhein, Geissau, Höchst, Brugg, Fussach und Haard ohne Ufer- und Dammschutz gegen den Rhein und ohne Feldcultur und Entwässerung, so müsste sie den Anblick einer ausgedehnten sumpfigen Riedfläche, was sie auch heute theilweise noch ist, bieten. Die Höhenlage derselben durfte kaum geringer sein als gegenwärtig, um bei gleichzeitigem hohen Rhein- und Seestande ausgedehnte Ueberfluthung zu gestatten, so dass auf grossen Flächen nur Schilf und Sumpfgräser ihre Spitzen über den Wasserspiegel streckten. War dann der Rhein hoch angeschwollen, dunkel gefärbt vom schwarzgrauen Schlamme der Nolla, das rechtseitige Rheinufer von Brugg an abwärts auf beträchtliche Erstreckung unter Wasser,[2] so mag die rasche Bewegung des trüben Rheinwassers in seinem in die überschwemmte Niederung eingeschnittenen Rinnsale recht wohl ein Bild geboten haben, auf welches die Ammian'sche Schilderung so übel nicht passt. Verlegt man aber die von Strabo und Ammian erwähnten Sümpfe an andere Stellen des Bodensee's, etwa in die Riedflächen am Rhein zwischen Constanz und dem Untersee oder bei Radolfzell,[3] so bleibt wenigstens für die Erklärung dafür, wie Ammian oder sein Gewährsmann den Rhein reissend und unvermengt durch das Seewasser fliessen sehen oder auf Grund eines empfangenen Eindruckes auf solche Vermuthung kommen konnten, keinerlei thatsächlicher Anhalt übrig und wäre Ammian's Beschreibung — wie auch von vielen Seiten geschehen — einfach als eine jener fragwürdigen, düster gefärbten Darstellungen anzusehen, die bei den römischen Schriftstellern be-

[1] Stumpff bespricht (V. Buch, IX. Cap.) die Conjectur, dass die von Mela gebrauchte Benennung des Bodensee's (Untersee's) Acromus (richtig Acronus) von der zur Zeit der Römer gekrümmten Form des See's — A-Kromma-See — (nach heutigem Schweizerdeutsch) herzuleiten sei. „Dann so man Ammianum recht besihet," schreibt er, „ist dieser See zu seinen tagen am eynfluss dess Rheins gar mösig vnd sümpffig gewesen, vnd ohne zweyfel etwas nöher bey Rhynegk angangen dann jetzmal: aber mit der zeithin von dem sand vnd lätten der eynfluss dess Rheyns, der Bregenz vnd der Ahen etc. die auss dem wilden gebirg heryn lauffen, dermassen angefült vnd getrungen, dass der See den selbigen buck oder krümme etwas verloren, vnd sich gräder gestaltet habe, dann er des ends bey Ammiani zeiten gewesen sey . . . . ."

[2] „Ein Riedtig Mosig gelendt, darüber der Rhein gewohnklich ausslaufft," wird die Umgebung von Geissau noch in der historischen Relation der Landschaft unterhalb St. Lucis Stayg von Schlehe 1616 geschildert.

[3] Vergl. Baer, Chronik über Strassenbau in Baden. 1878. S. 273. Anm. 2.

kanntlich nicht selten sind, wenn sie über das Barbarenland Germanien berichten.[1]

Man hat auch geltend gemacht, dass nach dem Itinerarium Antonin's die Entfernung zwischen Bregenz und Arbon 200000 Schritt und damit etwa eine Wegstunde mehr betragen habe als heute und daraus folgern wollen, dass seit den Römerzeiten das Seeufer an der Rheinmündung namhaft vorgeschoben worden sei.[2] Bedenkt man aber die Ungenauigkeit solcher Massangaben überhaupt und erwägt man, dass das Terrain in den Gemarkungen Altenrhein, Geissau, Höchst und Fussach auch heute wegen niedriger Lage und sumpfigen Bodens für den Bau einer Militärstrasse, wie sie zwischen Bregenz und Arbon von den Römern erstellt worden ist, wenig einladend erschiene und zur Zeit noch bei sehr hohem Seestande die Landverbindung durch die Niederungen an der Rheinmündung unterbrochen ist, so wird auch dieses Argument zu verwerfen sein.

Fehlt es sohin an einem irgend sicheren Anhalt für die Ansicht, dass zur Zeit der römischen Invasion die Configuration der Rheinausmündung beziehungsweise des Seeufers in deren Nähe eine wesentlich andere gewesen, als heute, ja dürfte sogar aus der Ammian'schen Schilderung geschlossen werden, dass damals schon der Rhein sich vor seinem Ausflusse auf längere Erstreckung in dem in das niedrige Gelände eingeschnittenen Bette bewegt habe, so liegt eine gewichtige Bestätigung hiefür in dem Alter der jetzt in dieser Niederung gelegenen Dörfer. Eine grosse Villa am Rhein Hohunstati, wahrscheinlich Brugg, Geissau, Fussach, St. Johann-Höchst (Hochstetthare marcho) und Rinisgemünde (jetzt Altenrhein) umfassend, wird bei Neugart (Cod. d.) schon in Urkunden aus dem neunten Jahrhundert genannt.[3] Ist aber die Niederung an der Rheinmündung, wo gegenwärtig noch grosse Flächen nur Ried und Sumpf und der Ueberstauung bei hohem Seestande ausgesetzt sind, schon vor dem 9. Jahrhundert zur Ansiedelung und zum Feldbau tauglich befunden worden, so ist nicht denkbar, dass dieses Terrain 400 Jahre früher noch nicht vorhanden, dass hier Seebett gewesen sein soll, wie seit Vadian vielfach unterstellt worden ist. Jedenfalls darf nach der Lage und dem Alter der genannten Ortschaften geschlossen werden, dass mindestens seit einem Jahrtausend die Terrainverhältnisse an der Rheinmün-

[1] Wie unvollständig übrigens auch die Kenntnisse der Römer über die Topographie des Bodensee's und Oberrheins oder wie mangelhaft ihre landschaftlichen Schilderungen hierüber, geht u. A. daraus hervor, dass bei ihnen nirgends des Rheinfalles gedacht wird, obgleich dieser, wie die Lage der römischen Niederlassungen am Bodensee klar beweist, damals unzweifelhaft schon bestanden haben muss.

[2] Vergl. G. Schwab, Bodensee, S. 290.

[3] G. Schwab, Bodensee, S. 101 und 102. — Vergleiche auch Urkundenbuch der Abtei St. Gallen von Wartmann, Zürich 1863. I. Theil. Urkunde Nr. 198 (Hostadio) v. J. 808 und Nr. 242 (Hohstedthe) v. J. 819. — Nach Fussach wurden schon im 11. Jahrhundert die Gefälle des Klosters Allerheiligen zu Schaffhausen von Mayenfeld, Malans und Flüsch beigeführt und hier zum Weitertransport auf Schiffe verladen. Fickler, Quellen und Forschungen der Geschichte Schwabens und der Ostschweiz, S. LIII.

dung eine erhebliche Veränderung nicht erfahren haben, eine Folgerung, die indess, in Rücksicht auf die Massen von Sinkstoffen, welche in diesem Zeitraume durch den Rhein nach dem Bodensee unzweifelhaft bewegt worden sind, einer sachlichen Erklärung bedarf.

Zugestanden, dass die fragliche Niederung nicht einfach als zu Tage getretener Boden jenes See's, der sich vordem bis in die Gegend von Chur erstreckt hat und nach dem Durchbruche des Jura bei Schaffhausen auf die heutige Höhe abgelaufen ist, angesehen werden darf, vielmehr durch spätere Verschüttung und Anschwemmung vom Rheine allmälig entstanden und noch in der Fortbildung begriffen ist, so müssten Gründe dafür bestehen, welche die Ablagerung von Sinkstoffen an der Rheinmündung entweder überhaupt als einen äusserst langsam stattfindenden Vorgang erkennen lassen oder dafür sprechen, dass die raschere Zunahme derselben eine Grenze, eine verzögernde Beschränkung, gefunden hat. Solche Gründe liegen nach der einen, wie nach der anderen Richtung nun allerdings vor.

Zunächst ist zu beachten, dass — wie schon oben erwähnt — die schwereren Flussgeschiebe wenigstens bis anher nicht zur Rheinmündung selbst, vielmehr nur Sand und Schlamm dorthin gelangen und diess in erheblichem Masse nur bei Anschwellungen des Rheines. Der Schlamm ist aber in dem Wasser des Rheines in feiner Zertheilung aufgelöst und schwebend erhalten und kommt desshalb, in das ruhige Wasser des See's eingetreten, nur sehr langsam zum Sinken. Daher ist auch bei hochgehendem Rhein die Trübung des See's auf einen Umkreis von 3—4 Kilometer von der Mündung deutlich erkennbar, ziemlich scharf abgegrenzt gegen das klare Seewasser bei ruhigem Wetter, aber noch weiter hin ausgedehnt und allmälig abnehmend bei sturmbewegtem See.[1] Wohl setzen sich bei hohem Seestande in Folge des Rückstaues auch Schlammmassen zunächst der Ausmündung ab; sie bleiben aber doch nur so lange liegen, bis sie von einer bei niedrigerem Stande des See's eintretenden Anschwellung des Rheines oder durch starkes Gewell weiter bewegt werden. Die Schlammablagerung vertheilt sich demnach auf eine sehr grosse Fläche und — was hier die Hauptsache — schon auf die tieferen Parthieen des Seegrundes. Etwas anders verhält es sich mit dem Sande. Dieser sinkt zu Boden, sobald die Geschwindigkeit des Wassers, von dem er bewegt worden, aufhört, und es finden sich auch stets mehr oder minder ausgedehnte junge Sandablagerungen vor der Rheinmündung. Allein auch diese widerstehen dem Stosse der Wellen nicht, und werden so auf eine grössere Fläche zertheilt, der grösseren Seetiefe zugeführt, mehr aber allerdings nur entlang der Ufer fortgeschoben. Die Wirkung der Wellen reicht nun zwar, selbst bei heftigem Sturme nicht tiefer als etwa 3 m unter den Wasserspiegel; in Folge der Schwankungen der Seewasserstände aber erhält bei sanft abfallendem Strande die Fläche, welche der Wirkung des Gewelles

[1] Es soll sogar in den Hafen von Rorschach, Bregenz und Lindau Nollaschlamm bemerkt worden sein. Memoriale über die Rheincorrection (von Oberingenieur Hartmann) 1850.

ausgesetzt ist, doch beträchtlichen Umfang. Dies Alles lässt auf die grosse Ausdehnung des Seegebietes schliessen, auf welchem die Schlamm- und Sandmassen des Rheines sich niederschlagen.

Für das nur langsame Vorrücken der Verlandung an der Rheinmündung spricht aber noch ein anderer und gewichtiger Umstand, nämlich die kesselartige Gestaltung des Seegrundes. Fast rings um das Seebecken und namentlich scharf ausgesprochen an dem südlichen Ufer zieht sich eine schmale, sanft abfallende Bank, von der hellen Färbung des seichten Wassers auch „Wysse" genannt, hin, von deren Rand, der sog. Halde, der Seegrund erst rascher nach der Tiefe abfällt. Auf dieser flachen Bank ist die Ablagerung der Gerölle und Sinkstoffe der in den See einmündenden Gewässer begünstigt; sobald sie aber die Halde erreicht hat, rollen und sinken Kies und Sand nach dem tieferen Seetrichter. Dabei wird wohl auch beobachtet, dass sich thonige Sinkstoffe ganz steil, zuweilen sogar überhängend an der Halde ansetzen und dann plötzlich gegen die Tiefe abgleiten.[1] Hiezu kommt dann noch, dass sich durch die Schuttkegel an den Fluss- und Bachmündungen landzungenartige Ufervorsprünge, am Bodensee, Horn genannt, bilden, an deren Spitzen fast bei allen Richtungen kräftigen Windes eine stärkere Brandung stattfindet, wodurch neben der Verschiebung entlang der Ufer das Abrollen der Sinkstoffe nach der nahen Tiefe begünstigt wird.

Dieser Vorgang scheint auch auf die Bildung und Ausdehnung des Rheindelta's zuzutreffen. Auch hier ist anzunehmen, dass sich die Ablagerungen des Rheines rasch gegen den Seetrichter vorgestreckt haben, bis die Halde erreicht war, dass aber seit diesem Zeitpunkte die Verlandung nur langsam vorrückt, weil sich die Sinkstoffe jetzt mehr nach der Tiefe ausbreiten und die jungen Sedimente an der Rheinspitze durch das hier sich brechende Gewelle weiterbewegt, die leichteren Stoffe in grossem Umkreise in der Seetiefe sich absetzen, die schwereren Sandmassen aber längs des Ufers fortgeschoben werden.

Wenn nun damit als nachgewiesen gelten darf, dass, selbst angenommen, die Niederung an der Rheinmündung hätte sich in geschichtlicher Zeit — etwa zwischen dem 4. und 8. Jahrhundert — erst als festes Land ausgebildet, die Ausbreitung desselben seitdem keineswegs folgerichtig in ähnlichem Masse hat vor sich gehen müssen, so ist doch auch nicht in Abrede zu stellen, dass eine solche Weiterbildung stattfindet. Zeuge dafür sind die Sandbarren und Schlammablagerungen an der Rheinmündung,[2] die Verflachung der Ufer in deren Umgebung, die Verschlammung der Landungsstelle von Fussach, die

[1] Diese Erscheinung ist auch am Zürichersee constatirt worden und ist die bekannte Katastrophe von Horgen — Versinken eines Theiles der Eisenbahnstation — auf solche Verhältnisse zurückzuführen.

[2] Bemerkenswerth ist hier auch das bei windstillem Wetter auffallend häufige Aufsteigen von Gasen aus dem seichten Seegrunde, offenbar verursacht durch verwesende organische Stoffe, die von einer Schicht feinen Sandes bedeckt sind. Letztere zeigt bei stillem klarem See zahlreiche kleine kraterähnliche Oeffnungen, aus welchen die Blasen intermittirend aufsteigen.

sich, ehedem unmittelbar am Ort, jetzt etwa 1500 m von demselben entfernt befindet, sowie die heutige Configuration der Seehalde. Diese liegt nämlich bei Rorschach und bei Bregenz ganz nahe am Ufer, während sich vor der Rheinmündung und von dieser bis zur Rohrspitze eine ziemlich flache Abdachung 1500 bis 2000 m weit bis zum Beginn der grösseren Seetiefe vorstreckt. Die eigentliche steil abfallende Seehalde scheint also hier schon unter den Ablagerungen des Rheines begraben zu sein.

Wenn aber, wie vielfach behauptet wird, letztere gerade in der neueren Zeit raschere Fortschritte gemacht haben, so wäre solches auf besondere Ursachen zurückzuführen, nämlich auf die Veränderungen, welche in dem Flussgebiete des Rheines stattgefunden haben und die sich, nach der unter den Seeanwohnern verbreiteten Ansicht, auch darin bedrohlich für den See fühlbar machen, dass die Hochwasser des Rheines in der neueren Zeit häufiger, schroffer und mächtiger auftreten als früher. Die Veränderungen, die hier in Frage kommen können, bestehen in der Verschlimmerung der Hochwassererscheinungen im Rheinthale als Folge der Entwaldungen in den oberen schweizerischen und vorarlbergischen Flussgebieten, aber auch in der Wirkung der zur Abwehr dieses Uebels theils schon ausgeführten, theils noch in Aussicht stehenden Regulirungen und Correctionen des Rheines. [1]

Es war die bekannte gewaltige Hochwassercatastrophe von 1817, deren entsetzliche Verwüstungen erstmals die eingetretene Verwilderung der Zuflüsse des Rheins und des letzteren selbst, insbesondere die in erschreckendem Masse rasch zunehmende Erhöhung des Rheinbettes von der Tardisbrücke abwärts erkennen liessen. [2] Seitdem ist die Frage, wie dem durch Wasserschaden drohenden Ruin des Rheinthales zu begegnen sei, Gegenstand vielfacher Untersuchungen, Expertisen und Verhandlungen gewesen und sie ist es heute noch, die die Bewohner des Rheinthales, namentlich im unteren Theile, lebhaft bewegt.

Mit Ueberwindung nicht geringer Schwierigkeiten ist nun im Laufe der letzten 50 Jahre sehr Vieles zur Verbesserung des Rheinlaufes von Thusis bis nahe zum Bodensee geschehen, im Allgemeinen mit gutem Erfolge. Doch konnte dadurch die weitere Erhöhung des Rheinbettes nicht verhindert

[1] Es sei bemerkt, dass hier und im Folgenden auf die Frage, die in Frankreich schon vor mehr als zwei Jahrhunderten aufgetaucht und mit welcher sich die bedeutendsten Vertreter der exacten Wissenschaften, wie Arago, Gay-Lussac, Becquerel, Humboldt u. A., und in der Neuzeit Belgrand, Berghaus, Torelli, Wex, Hagen u. A. beschäftigt haben, nämlich, ob in geschichtlicher Zeit eine namhafte Abnahme in der periodischen und unperiodischen Wasserführung der Flüsse zu constatiren und, wenn ja, auf welche Ursachen sie zurückzuführen wäre, nicht eingegangen werden soll, und dass unsere Untersuchungen auch keinen Anlass boten, dieser Streitfrage gegenüber Stellung zu nehmen.

[2] Damals entstund in der Schweiz ernstlich die Besorgniss, dass der Rhein bei weiterer Erhöhung die nur 5,40 m über den Hochwasserstand ragende Einsattlung zwischen Mels und Sargans übersteigen und nach dem fast 60 m tiefer gelegenen Wallensee durchbrechen und so durch die Linth, den Zürichersee, die Limmat nnd Aare einen Abfluss finden könnte.

werden, wie die bekannte Catastrophe von 1868 bewiesen hat, in deren Folge denn auch die Wuhrungen, Eindämmungen und Erhöhungen von Schutzdämmen mit erneuter Energie betrieben worden sind. Was jedoch zur Stunde noch der Lösung harrt, ist die für das St. Gallische Unterrheinthal eminent wichtige Frage der verbesserten Ausleitung des Rheines in den Bodensee.

Es würde hier zu weit führen, die verschiedenen concurrirenden Vorschläge, die sämmtlich eine Abkürzung des unteren Rheinlaufes von Brugg gegen den See bezwecken und von welcher die drei wesentlichsten Varianten in der Karte, Bl. I, angedeutet sind, hinsichtlich ihrer Wirkung überhaupt und speciell auf den Bodensee kritisch zu beleuchten. Auch ist massgebenden Orts die Frage in so weit entschieden, als zur Zeit der Fussacher Durchstich (I) im Princip angenommen ist.[1] Durch die Ausführung der Rheinausleitung nach diesem Projecte würde der Flusslauf, der jetzt von Brugg an bis zur Mündung 12 km misst,[2] um mehr als die Hälfte dieser Länge verkürzt. Ein zweiter, der sogenannte Diepoldsauer Durchstich zur Beseitigung der Hohenemser Flusskrümme liegt ebenfalls im Project.

Noch ist ein Einverständniss zwischen Oesterreich und der Schweiz über die gemeinschaftliche Ausführung dieser Flusscorrection nicht erzielt. Die Verschüttung des Rheines von Kriessern abwärts, die fortwährende weitere Erhöhung der Flusssohle,[3] die dadurch bedingte Versumpfung des Thales und die trotz allen Anstrengungen in Wuhrungen und Dammbauten progressiv wachsende Hochwassersgefahr sind aber derart schwer wiegende, zum wirthschaftlichen Ruin der betheiligten Gemeinden führende Missstände dass Abhülfe wohl in nicht ferner Frist wird getroffen werden müssen.[4]

Wenn nun in den auf die Rheincorrection entlang der Vorarlberg-

[1] Durch Präliminarübereinkommen zwischen der Schweiz und Oestereich vom September 1871.

[2] Der sogenannte Auslass an der Spitze der mit Eselsschwanz bezeichneten Serpentine ist 1821 durch einen Wuhr- und Dammbruch entstanden, indem die betheiligten Gemeinden es vorzogen, statt des Wiederschlusses des Durchbruches einen Fluthablauf zwischen Paralleldämmen zu erstellen. Die eigenthümliche Anlage hat indess keinen nennenswerthen Einfluss auf die Stromverhältnisse gewonnen.

[3] Das Rheinbett liegt hier auf beträchtliche Erstreckung hoch über der Thalsohle auf einem Damme, den der Rhein durch Ablagerungen und demolirte Schutzdämme sich selbst geschaffen hat und auf dem zu fliessen er gegen seine Tendenz zur Ausschweifung in der Thalniederung durch Wuhre und Dämme gezwungen wird. Ziemlich sicher hat die Erhöhung des Rheines hier erst in den letzten 80 Jahren so gewaltige Fortschritte gemacht. Noch im 17. Jahrhundert ist der Rhein, wovon heute keine Rede sein könnte, vom See bis Hohenems von Schiffen mit Korn- und anderen werthvollen Waarenladungen mit Anwendung von Pferdezug befahren worden. (Schlehe, Hist. Relation der Landschaft unterhalb St. Lucis Stayg 1616.) Selbst im Anfang unseres Jahrhunderts verkehrten hier noch Schiffe und von Chur ab Flösse mit Oberlast.

[4] Eine beachtenswerthe übersichtliche, wenn auch hinsichtlich der Durchstichsfrage nicht ganz unbefangene Abhandlung über die Correction des Rheins im Gebiete von Oesterreich und der Schweiz von Beger und Binder ist in der Allgemeinen Bauzeitung, Wien 1872, erschienen.

St. Gallischen Grenze bezüglichen Verhandlungen schon vor mehr als 20 Jahren von den beiderseitigen technischen Commissären[1] übereinstimmend constatirt werden konnte, dass zur Zeit der gewöhnlichen Sommerhochwasser noch beiläufig 30 Jahre zuvor nur 430 bis 650 cbm in der Secunde im Rhein abgeflossen seien, während diese Wassermenge sich nun (1855) auf 1100 bis 1300 cbm vermehrt hatte und die ausserordentlichen Hochwasser mit etwa 2000 cbm secundlicher Wassermenge 8 Stunden früher im unteren Rheinthale anlangen als vordem, so leuchtet ein, dass diese Zunahme der Wassermenge und das raschere Ablaufen der Hochwasser nach dem unteren Flussgebiete durch die Regulirung des Rheines, durch die Ausbildung eines engeren Stromschlauches und Eindämmung der Thalniederungen noch weiter sich steigern und dadurch die Gefahr für das untere Thalgebiet grösser werden musste, und zwar in dem Masse, je mehr es gelang, in den oberen Gegenden das Wasser von der Ausbreitung auf die Thalsohle abzuhalten und zwischen festen Ufern nach der Richtung des stärksten Gefälles abzuleiten.

Bisher haben sich die Bewohner des Rheinthales durch Erhöhung und Verstärkung ihrer Dämme zu helfen gesucht und wäre ihnen wohl zu gönnen, dass einmal ein bedeutendes Hochwasser seinen Weg zum See ohne vorherige Dammbrüche fände. Welche Höhe dann aber das Wasser in der Gegend von Au und Rheineck erreichen wird, ist eigentlich nicht bekannt, weil bei allen seitherigen grössten Hochwassern da oder dort der Rhein ausgebrochen ist und sich dann über die Thalniederungen ausgebreitet hat, wodurch für die untere Gegend die Gewalt des Wasserstosses jeweils nicht wenig abgeschwächt worden ist.[2] Früher oder später werden aber solche ausreichende Vorkehrungen getroffen werden müssen, dass die Hochwasser des Rheines ohne Inundation des Thales zwischen festen Wuhren und Dämmen bis zum See gelangen, und den Schlüssel hiezu wird wohl die Lösung der Durchstichsfrage abgeben müssen. Sie mag auf die eine oder andere Weise schliesslich erfolgen, immer wird die Tendenz dahin gehen und der Effect darin bestehen müssen, dass die Hochwasser und damit die Geschiebsmassen in geschlossenem Bette nach der thunlichst kurzen Richtung, also auch mit dem grösstmöglichen Gefälle abgeleitet werden. Als Folge davon kann dann nicht ausbleiben, dass die in den Bodensee aus dem Rhein einfallende Hochwassermasse gegen den früheren und jetzigen Zustand — nicht im Ganzen — wohl

[1] von Wex und Hartmann, Conferenz zu Bregenz am 21. December 1855. Actensammlung von St. Gallen, 4. Heft.

[2] 1868 war die Hochwasserhöhe zu Reichenau, am Zusammenfluss von Vorder- und Hinterrhein um 2,20 m grosser als 1876; am Pegel zu Au erreichte der Rhein aber 1876 einen um 0,45 m höheren Stand als 1868. Der Grund hievon ist zwar zunächst in der Verschüttung des unteren Rheinlaufes, doch aber auch darin zu suchen, dass 1876 jene bedeutenden Dammbrüche nicht stattgefunden haben, die 1868 das Rheinthal zum Schauplatz grossartiger Ueberschwemmungen machten. — Es ist vorgekommen, dass eine aus dem oberen nach dem unteren Rheinthal angezeigte starke Anschwellung hier als solche gar nicht angekommen ist, weil inzwischen durch seitliche Ausbrüche und Inundationen eine namhafte Entlastung eingetreten war.

aber in gewissem Zeitintervall eine Zunahme erfährt. Nach dem Verlaufe und der Schätzung der bisherigen Hochwasser darf als wahrscheinlich gelten, dass die grösste secundliche Wassermenge des Rheines an dessen Ausmündung in den See nach vollständig durchgeführter Rheincorrection bis Fussach, und wenn Wuhre und Dämme überall Stand halten, sich gegenüber dem jetzt bekannten Maximum recht wohl um mehrere hundert Cubikmeter steigern mag.

Die grössere Intensität der Rheinhochwasser müsste sich dann auch in verstärkter Geschiebebewegung und damit in rascherem Fortschreiten der Ablagerungen an der Mündung äussern; indess ist solcher Besorgniss doch wieder die Erwägung entgegenzuhalten, dass durch die Correction des Rheines auch die Erosionen in dessen Bett und die Abbrüche der Ufer beseitigt oder gemindert werden und dass die baulichen Massregeln im Rheingebiete sich nicht auf die Regulirung des Hauptflusses beschränken, sondern gerade in den letzten Decennien durch Correctionen der Seitenzuflüsse, Uferversicherungen in denselben, durch Verbauungen der Wildbachschluchten und Aufforstungen im Hochgebirge sehr Vieles geschehen ist und noch geschehen soll, was wohl zu der Hoffnung berechtigt, dass die nach dem Rheine gelangenden Schutt- und Schlammmassen für die Folge sich vermindern werden.

Die Rheincorrection an sich aber und namentlich die kürzere Ausleitung des Flusses muss eine zeitweilige massenhafte Zufuhr von Sinkstoffen nach dem See bewirken, indem ja die Absicht dieser Werke dahin geht, den in die Höhe getriebenen Fluss wieder tiefer zu betten und die Arbeit der Ausbildung des neuen Flussbettes nicht zum geringsten Theile der Kraft des Stromes rationeller Weise zu überlassen sein wird. Dabei, wie auch in der Folge, werden, dem durch die Verkürzung des Laufes zu erzielenden verstärkten Gefälle entsprechend, Geschiebe schwereren Kalibers nicht nur in den unteren Rheinlauf, sondern auch in den See selbst gelangen müssen. So ist denn auch in den von den österreichischen und schweizerischen Ingenieuren über die Ausleitung des Rheines gepflogenen Discussionen die Frage über die Verlandung der Fussacher Bucht als Folge der Verlegung der Rheinmündung in dieselbe einlässlich ventilirt worden. Die Ansichten über die nach dieser Richtung zu machenden Unterstellungen gingen dabei weit aus einander. Mit allen denkbar ungünstigsten Annahmen aber, nämlich dass das gesammte nach Herstellung der Leitcanäle aus dem Fussacher und dem Diepoldsauer Durchstich, sowie aus der Vertiefung der zwischenliegenden Rheinstrecke sich ergebende Material mit 5 870 000 cbm und zudem noch eine Masse von 650 000 cbm aus der Vertiefung der Dornbirner Aach alsbald nach Herstellung der Durchstiche in die Fussacher Bucht gelangten und ferner, dass von dem Rhein alljährlich an Sinkstoffen das unglaubliche Quantum von 170 000 cbm an der Rheinmündung deponirt würde, kam man zu dem Ergebnisse, dass die Fussacher Bucht, deren Capacität zu rund 130 Millionen Cubikmeter ermittelt worden ist, immer noch über 700 Jahre lang als Depotraum für die Geschiebe und Sinkstoffe des Rheines dienen könnte. Die

Voraussetzungen sind jedoch dabei in solchem Masse ungünstig, wie sie nach allem menschlichen Ermessen wohl niemals eintreffen können.[1]

Was aber die in den letzten 50 Jahren zweifellos eingetretene und als Folge der noch in Aussicht stehenden Schutz- und Correctionsbauten am Rheine oberhalb des Bodensee's zu erwartende vermehrte Intensität der Rheinhochwasser und die in gewissem Masse immerhin wahrscheinliche grössere Ausdehnung der Ablagerungen an der Rheinmündung für das Regime des Bodensee's zu bedeuten haben, soll später gezeigt werden. —

b. Die kleineren Zuflüsse.

Neben dem Rheine ergiessen sich, ausser etwa 100 Bächen, folgende ihrer Bedeutung nach die Bezeichnung als Flüsse und Flüsschen verdienende Gewässer in den Bodensee:

rechts vom Rhein:

die Dornbirner Aach, am See auch Fussacher Aach genannt,
die Bregenzer Aach,
die Leiblach,
die Argen,
die Schussen,
die Rothach oder Friedrichshafener Aach,
die Seefelder Aach,
die Stockacher Aach und
die Radolfzeller Aach;

links des Rheins:

die Goldach,
die Steinach und
die Salmsacher Aach.

Der bedeutendste unter diesen Nebenflüssen des See's ist die Bregenzer Aach, die die Eigenschaft eines reissenden Bergwassers bis zur Einmündung in den See festhält. In die Kategorie der Wildbäche gehören auch die Goldach und Steinach, die sich gleichfalls noch mit starkem Gefälle in den See ergiessen. Während der Zustand der Bregenzer Aach aber die grösste Verwilderung zeigt, sind Goldach und Steinach soweit nöthig bestens regulirt und in ausgedehntem Masse zu gewerblichen Zwecken benützt. Letzteres gilt auch von der Dornbirner Aach, ebenfalls ein Wildbach, der aber schon circa 6 km vom See entfernt aus dem Gebirge in das weite Thal eintritt,

[1] Nach der Erklärung des K. K. Ministerialraths von Pasetti zum Protokoll der im Juli 1867 in Constanz stattgehabten Conferenz. Die gemachten Unterstellungen beruhen auf den Motiven der Einwendungen gegen das Durchstichsproject Seitens des K. K. Oberbauraths Kink.

dort seine Geschiebe absetzt und nun in ziemlich trägem Laufe nach dem See sich bewegt.

Das Regime der am nördlichen (schwäbischen) Seeufer einmündenden Flüsse, unter welchen nach Ausdehnung des Flussgebietes und nach Wasserführung Argen und Schussen obenan stehen, ist überall ziemlich dasselbe. Ihr Lauf durchzieht Mittelgebirge, grösserntheils nur Hügelland; ihre Gefälle mindern sich mehr oder weniger gegen den See hin in dem Grade, dass sie nur mässige Mengen nicht schwerer Geschiebe oder nur Sand und Schlamm bis dahin zu bewegen vermögen. Gleiche Verhältnisse bestehen auch an der Salmsacher Aach. Den grösseren Theil des Jahres hindurch wenig Wasser führend, sind diese Flüsse bei starken Regenfällen oder raschem Schneeabgange rapiden und hoch anlaufenden Anschwellungen unterworfen.

Hydrographische Verhältnisse ganz eigenthümlicher Art liegen bei der Radolfzeller Aach vor, die in der jüngsten Zeit, in Uebereinstimmung mit einem längst bestandenen Volksglauben, als eine Bifurcation der Donau, durch welche diese mit dem Stromgebiete des Rheines unterirdisch in Verbindung tritt, zweifellos constatirt worden ist.[1] Somit würde also auch das Quellgebiet der Donau mit zum Sammelgebiet des Bodensee's zu rechnen sein; doch ist die Sache quantitativ nicht von Belang, indem die Radolfzeller Aach in der Regel nur etwa 4 bis 5 cbm, selbst bei höchstem Stande nicht mehr als 10 cbm pro Secunde führt und hievon, soweit jetzt bekannt, der kleinere Theil Zufluss von der Donau ist.

Welche Rolle spielen nun die Nebenflüsse des Bodensee's in dessen Regime, oder — um bei der Frage ganz innerhalb des Rahmens unserer speciellen Untersuchungen zu bleiben — welcher Antheil kommt den Anschwellungen dieser Flüsse bei den Hochwasserständen des Bodensee's zu?

Bei dem Abmangel von directen Messungen der Durchflussmengen erübrigt nur, diese Frage mit Hilfe der, freilich immer bedenklichen Berechnung aus den Niederschlagsmengen so gut wie möglich zu beantworten.

Von der oben angegebenen Fläche des Gesammteinzugsgebietes des Bodensee's jene des Flussgebietes des Rheines oberhalb seines Eintrittes in die Seeniederung abgerechnet,[2] bleibt eine Fläche von 4342 qkm, von welcher das Wasser — nach Abzug der Verlustmengen als Folge von Filtration, Ver-

[1] Die Untersuchung durch Versenkung einer grossen Menge von Kochsalz in die Spalten des Donaubettes bei Immendingen hat sich nicht allein auf den absoluten Beweis des unterirdischen Zusammenhangs der Aachquelle mit der Donau beschränkt, sondern es wurde auch durch quantitative chemische Analyse des Versalzungsvorgangs festgestellt, dass das in dem Donaubette bei Immendingen versinkende Wasser fast ohne Verlust in der Aachquelle wieder hervortritt. Letztere führt übrigens bei Beharrungszuständen erheblich mehr Wasser als die Donau bei Immendingen, deren Wasser z. B. im Spätjahr 1874 vollständig in den Spalten des Kalksteines verschwunden ist. (Vergl. Leonhard und Geiniz' neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie u. s. w. J. 1875 und 1878.)

[2] Unterhalb des Monsteines ergiessen sich zwar noch einige Bäche in den Rhein indess so nahe der Mündung, dass es wohl zulässig erscheint, diese als direct in den See einfliessend anzusehen.

dunstung und vegetabilischer Aufsaugung — durch die vorgenannten Flüsse und durch eine Anzahl kleinerer Bäche dem Bodensee zufliesst. Dies Gebiet umfasst höheres (Mittel-) Gebirge — Bregenzer Wald, Allgäu, Appenzell (Vorberge) — und Hügelland — in Thurgau, Baden und Württemberg — in letzterem auch die sogenannte Bodenseeebene.

Nach den schon für eine längere Reihe von Jahren vorliegenden Beobachtungen der meteorologischen Stationen am Ufer des Bodensee's zu Friedrichshafen, Meersburg und Kreuzlingen und verglichen mit anderweit, unter ähnlichen Verhältnissen gemachten Aufzeichnungen kann als Mittel solcher täglichen Maximalniederschlagshöhen, wie sie ziemlich alljährlich bei anhaltend starken Regengüssen vorzukommen pflegen, etwa 60 mm angenommen werden. Auf den Quadrat-Kilometer des Niederschlagsgebietes fällt dann in 24 Stunden durchschnittlich eine Wassermasse von 60,000 cbm. Berücksichtigt man nun einerseits, dass sich das Sammelgebiet nördlich und westlich des See's nur über Hügelland ausdehnt mit nicht unbedeutendem Waldbestand, breiten Thälern, muldenförmigen Einsenkungen, Riede und Torfmooren, anderseits aber auch die auf grossen Flächen weit vorgeschrittene Bodencultur der Seegegend und den rascheren Wasserabfluss von den steileren Bergwänden in den östlichen und südlichen Theilen des Einzugsgebietes, so mag auf Grund der hierüber bestehenden Regeln unterstellt werden, dass etwa 40 % der Niederschlagsmenge, d. i. also pro Quadratkilometer 24,000 cbm verdunsten und von dem Boden und von der Vegetation mechanisch absorbirt und chemisch gebunden werden (Filter- und Hydratwasser). Es blieben dann als pro Quadratkilometer ablaufende tägliche Wassermenge 36,000 cbm, oder in der Secunde 0,416 cbm, und würde somit die Abflussmenge des ganzen Sammelgebietes in der Secunde betragen:

$$4342 \times 0{,}416 = 1806 \text{ cbm},$$

— ungefähr die Hälfte mehr als das entsprechende Quantum des Rheines bei gewöhnlichem hohen Sommerwasserstande.

Nun sind aber noch namhaft beträchtlichere Niederschlagshöhen als 60 mm beobachtet worden. Als ein ganz ausserordentliches Maximum ist jene vom 11. Juni 1876 zu betrachten; sie betrug zu Meersburg 135, zu Kreuzlingen 126, zu Friedrichshafen 115 mm in 24 Stunden. Nehmen wir an, dass die durchschnittliche Niederschlagshöhe jenes Tages in dem ganzen Sammelgebiet der Nebenflüsse des See's durchschnittlich etwa 100 mm betragen habe und wählen wir, erwägend, dass dem 11. Juni 1876 schon mehrere Regentage vorausgegangen, also ein höherer Grad von Sättigung in Luft, Boden und Pflanzen eingetreten war, den Verlustcoëfficienten statt wie oben zu 0,60 jetzt zu 0,70 an, so erhalten wir als Abflussmasse pro Kilometer und Secunde

$$\frac{(0{,}1 \times 1000000)\ 0{,}70}{24 \times 60 \times 60} = 0{,}810 \text{ cbm}$$ [1]

[1] Die Vertheilung ausserordentlicher Hochwassermengen pro Quadratkilometer des Einzugsgebiets ergibt vergleichsweise für den Rhein bei Reichenau 0,644 cbm, bei Au 0,320 cbm, für die Töss bei Pfungen 1,060, für die Flüsse des südlichen

und als secundliche Zuflussmenge nach dem See

$$3342 \times 0{,}809 = 3518\,\text{cbm},$$

d. i. etwa 75 % mehr als die von Hartmann als absolutes Maximum, indess wohl zu nieder angenommene Wassermenge, welche dem Bodensee vom Rhein zugeführt wird.

Fragen wir nun weiter, ob auch in Bezug auf den Wasserzufluss aus den Sammelgebieten der kleineren Affluenten des See's in historischer Zeit Aenderungen eingetreten sein mögen und ob Wahrscheinlichkeit dafür besteht, dass solche Aenderungen in der Folge noch eintreten werden, so begegnen wir hier im Wesentlichen denselben Modificatoren, wie im Flussgebiete des oberen Rheines und wir hätten uns also zu vergegenwärtigen, welchen Einfluss die Entwicklung und fernere Ausdehnung der Bodencultur und die Regulirungen der Wasserläufe in den gedachten Gebieten auf das Verhalten der Niederschlags- und Abflussmengen geäussert haben und etwa noch äussern dürften.

Strabo's und Ammian's Schilderungen der Umgebung des Bodensee's mögen mehr oder weniger tendenziös und übertrieben sein, so viel darf als sicher angenommen werden, dass zur Zeit der Errichtung der ersten festen Wohnsitze an den Ufern des See's die Umgegend zum weitaus grössten Theile mit dichtem Wald bedeckt war und dass wir in den im Sammelgebiete des See's jetzt noch vorhandenen Rieden und Torfmooren die Reste ehemaliger ausgedehnter Sümpfe vor uns haben. Ob nun die Ausstockung der Waldungen und die Austrocknung von Sümpfen auf die klimatischen Verhältnisse der Gegend einen Einfluss geäussert haben etwa in dem Sinne, dass, wenn auch nicht die Niederschlagsmenge überhaupt, doch deren örtliche und zeitliche Vertheilung verändert, und zwar die Schwankungen der Niederschlagsmengen schroffer und grösser werden mussten, mag hier um so mehr dahin gestellt bleiben, als solche Aenderung doch quantitativ nicht bestimmbar ist. So viel aber ist man anzunehmen berechtigt, dass da, wo Feld und Wiesen an Stelle von Wald und Sumpf getreten, wo Flüsse und Bäche regulirt und Moore entwässert worden, das Verhältniss zwischen demjenigen Theile der Niederschlagsmengen, welcher verdunstet, von der Vegetation absorbirt wird und in den Boden versinkt und dem oberflächlich abfliessenden Wasserquantum sich verändert hat, und zwar letzteres vergrössernd und zugleich den Ablauf beschleunigend.[1] Auch diese Aenderung entzieht sich der quantitativen Bestimmung, indem allgemein an-

und westlichen Abhanges des Schwarzwaldes 0,895 bis 1,962 cbm, für den Neckar 0,351 cbm.

[1] Die landwirthschaftliche Bebauung des Bodens bedingt nicht allgemein eine Beschleunigung der Wasserabfuhr, z. B. dann nicht, wenn sie an Stelle von Waidland oder Oedungen getreten, wohl aber in unserem Falle, wo es sich um Entwaldung, Trockenlegung von Sümpfen, Drainage etc. handelt. Anderseits ist aber auch der Wasserconsum der Landwirthschaft zur künstlichen Bewässerung nicht unbedeutend. — Vergl. hierüber: Dr. J. Ritter Lorenz von Liburnau Wald, Klima und Wasser. München 1878.

wendbare Resultate der nach dieser Richtung vielfach angestellten wissenschaftlichen Experimente und Beobachtungen ebensowenig als verlässliche Erfahrungen für unseren speciellen Fall vorliegen; doch lässt sich nach Vergleichung mit anderen Flussgebieten durch Einführung eines entsprechend grösseren Verlustcoëfficienten in unsere Wassermassenberechnung wenigstens eine Vorstellung davon geben, um welche Mehrabflussmengen es sich hierbei handeln könnte.

Wenn wir demnach unterstellen, dass beim früheren Zustande der Bodenbedeckung im Sammelgebiete des Bodensee's — immer ohne das Einzugsgebiet des oberen Rheinlaufes — die durch Verdunstung, Filtration und Pflanzenabsorption etc. abgehende Wassermenge etwa 60 %[1] statt wie oben für gewöhnliche Niederschlagsmaxima angenommen 40% betragen habe, so erhalten wir pro Quadratkilometer des Sammelgebietes täglich zum Abfluss gelangende Wassermasse $0{,}40 \times 60000 = 24000$ cbm, oder pro Secunde 0,278 cbm und damit als secundliche Gesammtabflussmenge nach dem See aus den Nebenflüssen und Bächen

$$4342 \times 0{,}278 = 1207 \text{ cbm.}$$

Nehmen wir ähnlich für den oben berechneten zweiten Fall — den einer ganz ausserordentlichen Niederschlagsmenge — statt des Verlustcoëfficienten von 0,70 wieder einen solchen von 0,60 an, so erhalten wir als vormaligen secundlichen Maximalzufluss

$$\frac{(0{,}1 \times 1000000)\ 0{,}60}{24 \times 60 \times 60} \times 4342 = 3015 \text{ cbm},$$

$$\text{somit im ersten Falle } 1806 - 1207 = 599 \text{ cbm},$$
$$\text{in letzterem } 3518 - 3015 = 503 \text{ cbm},$$

als Betrag der secundlichen Mehrzuflussmenge nach dem See, welche Steigerung sich mit der Ausbreitung der Bodencultur in dem Sammelgebiete allmälig eingestellt hätte.

Hieran reiht sich dann die Frage, ob ähnliche Steigerung der Zuflussmengen aus diesem Gebiete etwa auch für die Zukunft noch zu erwarten ist. Was die Entwaldungen anbelangt, so ist wohl anzunehmen, dass, wenn die heutigen diesbezüglichen Anschauungen Geltung behalten, darin weiter nicht wird gegangen werden. Dagegen ist in Bezug auf Entwässerungen und Bach- und Flussregulirungen noch keineswegs Alles geschehen, was im Interesse der rationellen Bodencultur in den betreffenden Niederungen und Thälern wünschenswerth ist. Würden nun in Folge weiterer Durchführung solcher, den Ablauf des Wassers nach dem See befördernden Vorkehrungen die Verlustcoëfficienten unserer Berechnung sich noch weiter vergrössern, für die gewöhnlichen Niederschlagsmaxima etwa auf 0,70, für ausserordentliche Regenfälle etwa auf 0,75 — Coëfficienten, wie sie zur Zeit meist nur für Wasser-

[1] Solcher und noch etwas höherer Procentsatz wird z. B. angenommen für das Gebiet der Töss, der Glatt, der Lorze. Lauterburg, Schweizer-Stromabflussmengen, Tabelle V.

läufe im Bereiche des Hochgebirgs berechnet werden — so erhielten wir als Gesammtabflussmenge nach dem See pro Secunde

$$\text{für den ersten Fall } \frac{(0{,}06 \times 1000000)\ 0{,}70}{24 \times 60 \times 60} \times 4342 = 2110 \text{ cbm},$$

$$\text{für den zweiten Fall } \frac{(0{,}100 \times 1000000)\ 0{,}75}{24 \times 60 \times 60} \times 4342 = 3768 \text{ cbm},$$

also eine Vermehrung gegenüber den für den gegenwärtigen Zustand berechneten Grössen

für den ersten Fall von 2110 — 1806 = 304 cbm,
für den zweiten Fall von 3768 — 3518 = 250 cbm.

Die vorliegende Betrachtung hat, weil auf unsicheren Unterstellungen beruhend, hinsichtlich der ziffermässigen Resultate freilich wenig Werth; sie sollte auch nur dazu dienen, das Gewicht der kleineren Affluenten des See's ungefähr zur Anschauung zu bringen und darzulegen, inwiefern und schätzungsweise innerhalb welcher Grenzen etwa Aenderungen in diesen Zuflussverhältnissen im Laufe der Zeit eingetreten oder muthmasslich noch zu erwarten sein möchten. —

Die Geschiebeführung aus den kleinen Gewässern nach dem See und die Veränderungen anlangend, die vielleicht auch in dieser Beziehung zu constatiren oder zu vermuthen wären, gilt im wesentlichen alles das, was oben über die Bildung der Verlandungen an der Mündung des Rheines bemerkt worden ist. Auch bei den übrigen Zuflüssen des See's besteht ein sehr grosser Theil der dahin gelangenden Sinkstoffe aus Schlamm, der sich in weitem Umkreise der Mündungen und auch schon in grösserer Tiefe absetzt. Indess finden wir an den Ausmündungen doch mehr oder weniger Ablagerungen von Sand, auch von Geschiebe, und fehlt das „Horn“ fast an keinem Einlaufe selbst der kleineren Bäche. Rasches Fortschreiten der Verlandungen ist aber auch hier nicht ersichtlich, sei es, dass dieselben sich schon dem Rande der Halde genähert haben, sei es, dass durch die Wirkung des Gewelles die jungen Ablagerungen jeweils wieder am Ufer entlang zertheilt, oder zum Abrollen und Abgleiten nach der grösseren Tiefe des See's gebracht werden.

Bedeutend scheinen nur die Geschiebsmassen, welche die Bregenzer Aach an ihrer Mündung absetzt. Von allen Zuflüssen des See's ist sie es allein, die ihren Schuttkegel von dem Austritte aus dem Gebirge bis zum See vorgestreckt hat. Der reissende Fluss läuft in einer Breite von 200 m und mehr über diesen Schuttkegel ab, der sich an der Mündung fächerartig ausbreitet. Wie bei dem verwilderten Zustande und namentlich der grossen Flussbreite leicht erklärlich, bleiben aber die schwereren Gerölle, die hier die Masse der leichteren Geschiebe überwiegen, schon auf dem Rücken des langgestreckten Schuttkegels liegen. Das Bett der Aach liegt desshalb auch noch an der Ausmündung mehrere Meter über dem Seespiegel. Anderseits reicht der Fuss des Schuttkegels mit einer Breite von etwa 2000 m bis in eine Seetiefe von 25 m. [1]

[1] Nach von Wex' Angaben. Actensammlung von St. Gallen, 4. Heft, S. 139.

Dass die Uferausbiegung, deren Spitze das sogenannte Kniehorn bildet, durch Gerölldepots der Bregenzer Aach entstanden, darüber kann nach der Configuration der Halde kaum ein Zweifel bestehen und ist diess auch niemals bestritten worden. Ob aber die in den Verhandlungen betreffs der Ausleitung des Rheines von den österreichischen Hydrotecten [1] vertretene Ansicht, dass die Schuttkegelbildung jüngeren Datums und noch in sehr raschem Fortschreiten — alljährlich um mehrere Klafter — begriffen sei, thatsächlich begründet ist, mag billig doch bezweifelt werden, wenngleich schon in Stumpffs Schweizerchronik des Vorrückens der Verschüttungen der Aachmündung als einer täglich merkbaren Erscheinung Erwähnung geschieht. [2] Die Klostergebäude von Mererau stunden aber nicht nur zu Stumpffs und Vadians Zeiten, sondern schon im 12. Jahrhundert, wo sie heute theilweise noch stehen, auf der östlichen Abdachung des Schuttkegels der Aach und ganz nahe dem Seeufer. Und als das Kloster an dieser Stelle im Jahre 1097 gegründet worden, [3] hatte die Bregenzer Aach ihre Mündung sicherlich längst westlich gerückt gegen das schon im sogenannten Schwabenkriege als grosser Ort genannte Dorf Haard. Nach der Breitendimension kann also seit Jahrhunderten der Schuttkegel sich nicht erheblich ausgedehnt haben. Auch der alte bis nahe zum See reichende Waldbestand auf demselben spricht für das Alter der Ablagerung. [4] Wenn nun gleichwohl seit Anfang unseres Jahrhunderts ein rascheres Fortschreiten der Ablagerungen bemerkt worden ist, so mag dies in der als Folge von Entwaldungen eingetretenen grösseren Geschiebszufuhr begründet gewesen sein. Sonst aber lassen die gegenwärtigen Zustände der Aach vor und an ihrer Mündung viel eher eine Erhöhung des breiten Bettes rückwärts der Ausmündung denn eine starke Zunahme des Schuttkegels gegen den See hin erkennen. Der Fuss des Schuttkegels reicht auch schon in so beträchtliche Seetiefe, dass es sehr namhafter Ablagerungen bedarf, bis die vordere Abdachung merklich vorgerückt ist, solcher Massen, wie sie kaum in einer längeren Reihe von Jahren hier zur Ruhe kommen. Denn die Geschiebszufuhr der Bregenzer Aach ist nur eine stossweise, im Durchschnitt nur einige Tage im Jahre während, und gewiss ist die durch diesen Fluss nach dem See gelangende Geröllmasse weit weniger bedeutend, als nach dem Anblick, den sein breites, verwildertes Bett oberhalb der Einmündung darbietet, obenhin vermuthet werden könnte.

[1] Mit Ausnahme von Ministerialrath von Pasetti, welcher die von den übrigen von österreichischer Seite committirten Ingenieuren bezüglich der Verlandungen durch die Bregenzer Aach erhobenen und nach der allgemeinen Sachlage auch wohl begreiflichen Bedenken nicht theilte. Protocoll der Conferenz zu Constanz im Jahr 1867.

[2] Stumpff schreibt (V. Buch, IX. Cap.): „So ligt am tag vnd spürt man es täglich gar augenscheynlich, dass der ungestüm wildfluss, die Bregenz genannt, eine grosse vile erdtrichs vnd gesteins aus dem gebirg herfür in den See gefürt, mit der zeit seinen stromen vnd runss bis an das dorff Hard gestreckt, vnd ein grosse Ow daselbst gemachet hat, ob welcher er vor jaren in den See gangen ist.“

[3] Die Legende verlegt die Stiftung des Klosters sogar in das Jahr 611. Hartmann, Bodensee.

[4] Anmerkungen eines alten Wuhrmeisters etc. im Altstätter Volksfreund 1864.

Ausser an dem Einlaufe der Bregenzer Aach finden sich ausgedehntere Ablagerungen von Flussgeröllen nur noch in der Umgebung der Ausmündungen von Argen und Schussen und zwar scheinen hier deltaartige Bildungen vorzuliegen. Es wird angegeben und soll in einer älteren Karte Bestätigung finden, dass diese beiden Gewässer unweit des See's durch einen Flussarm in der Richtung über Oberdorf verbunden gewesen seien.[1] Doch beweist die Lage von Langenargen, das, wahrscheinlich an der Stelle eines römischen festen Platzes erbaut, zu den ältesten Uferorten des See's gehört,[2] an der Seeseite des ehemaligen Inselterrains zwischen Argen und Schussen, dass auch hier mindestens seit einem Jahrtausend die Gestaltung des Seestrandes in der Hauptsache dieselbe geblieben ist.

Auch für die Zukunft steht eine vermehrte Geschiebezufuhr von den Nebenflüssen nach dem See im Ganzen nicht zu erwarten. Sie mag vorübergehend als Folge' von Flusscorrectionen da oder dort eintreten; sie wird aber auch in dem Masse abnehmen, je mehr die Flüsse und Bäche in geordneten Zustand gebracht und darin erhalten werden.

c. Niederschläge auf die Seefläche.

Für die Wasseransammlung in dem Bodensee kommt — in dritter Reihe — noch jene Menge atmosphärischen Wassers in Betracht, welche unmittelbar auf die Fläche des See's fällt. Letztere ist, wie unten nachgewiesen werden soll, für mittelhohe Seestände zu rund 450 Quadratkilometer anzunehmen.

Rechnen wir mit den im vorigen Abschnitte angenommenen Durchschnittszahlen, so erhalten wir als Niederschlagsmenge auf die Seefläche für den Fall einer häufiger vorkommenden täglichen Maximalniederschlagshöhe von 60 mm:

$$\frac{540{,}000{,}000 \times 0{,}06}{24 \times 60 \times 60} = 375 \text{ cbm pro Secunde;}$$

und für eine ausserordentliche Niederschlagshöhe, wie sie am 11. Juni 1876 statthatte und die nach den oben angegebenen Beobachtungen der meteorologischen Stationen mehrerer Uferorte für die Fläche des See's durchschnittlich zu etwa 110 mm anzunehmen ist:

$$\frac{540{,}000{,}000 \times 0{,}11}{24 \times 60 \times 60} = 687 \text{ cbm pro Secunde.}$$

In beiden Fällen bleiben also die durch die stärksten Regenfälle direct auf den Spiegel des See's gelangenden Wassermengen sehr weit hinter jenen Massen zurück, welche durch die Hochwasser des Rheins oder durch Anschwellungen der übrigen Affluenten dem See zugeführt werden.

Dass auch hinsichtlich der Menge oder der Vertheilung der atmosphäri-

[1] Verhandlungen des Vereins für Geschichte des Bodensee's von 1872. Vereinszeitschrift, 4. Heft.

[2] Arguna (villa), nach Stälin Langenargen, kommt schon in Urkunden vom Jahr 770, 794, 798 etc. vor. Wartmann, Urkundenbuch der Abtei St. Gallen, Urkunden Nr. 58, 137, 152 etc. Vergl. auch G. Schwab, Bodensee, S. 92, und Memminger, Beschreibung von Württemberg, 3. Aufl., S. 9.

schen Niederschläge im Laufe der Zeiten Aenderungen eingetreten sind, ist zwar — wie schon oben bemerkt — nicht unwahrscheinlich, doch fehlt für quantitative Schätzung jeder verlässliche Anhalt. Für die Seefläche selbst als Niederschlagsgebiet würde indess auch die Annahme einer erheblichen Minder- oder Mehrhöhe der Niederschläge nur einen verhältnissmässig geringfügigen Minder- oder Mehrbetrag der dem See im Ganzen zugehenden Wasserquanta ergeben.

So wären denn — um die Ergebnisse der vorstehenden Betrachtungen kurz zu resumiren — die secundlichen Zuflussmengen des Bodensee's, wie sie für dessen höhere Wasserstände in Betracht kommen, annäherungsweise ermittelt, wie folgt:

a) vom Rhein:
   1) bei gewöhnlichem höchsten Sommerwasserstande circa 1300 cbm;
   2) bei ausserordentlich hohen Anschwellungen bis zu . 2100 cbm; [1]

b) von den übrigen Affluenten:
   1) bei häufiger vorkommenden starken Niederschlägen etwa 1800 cbm;
   2) bei ausserordentlichen Regenfällen etwa . . . . . 3500 cbm;
   und ferner

c) durch unmittelbaren Niederschlag auf die Seefläche
   in dem unter b genannten ersten Falle etwa . . . 375 cbm;
   in dem unter b genannten zweiten Falle etwa . . 687 cbm.

Mit dieser Gruppirung gewöhnlicher und ausserordentlicher Maxima soll aber keineswegs die Vorstellung erweckt oder der Ansicht Vorschub geleistet werden, dass die Maxima der Zuflussmengen verschiedener Provenienz zeitlich zusammentreffen müssen oder bezüglich der ausserordentlichen Fluthen auch nur zusammentreffen können. Aus Erfahrung ist allgemein bekannt und sowohl durch die Beobachtungen der Wasserstände als auch der Niederschlagsmengen bestätigt, dass aussergewöhnlich hohe Anschwellungen des Rheines nie gleichzeitig mit abnorm starken Regenfällen im übrigen Einzugsgebiete des See's eintreten. So war beispielsweise der Rhein in dem Felsenprofile bei Reichenau am 11. Juni 1876, an welchem Tage die Niederschlagshöhe am Bodensee das höchste Mass von 135 beziehungsweise 126 und 115 mm erreicht hatte, 2,20 m unter dem höchsten bekannten Wasserstande vom 28. September 1868 geblieben, während anderseits die grösste Niederschlagshöhe am Bodensee vom Monat September 1868 nur 39 mm betrug und auf den 22. jenes Monates fiel, während die damalige Hochwassercatastrophe am Vorder- und Hinterrhein erst am 28. September begonnen hat. Aehnliches ergibt sich auch aus der Vergleichung der bezüglichen Wassergrössen anderer Hochwasserperioden und in anderen Flussgebieten: immer zeigt sich, dass die grosse Regenmenge sich auf einen sehr bedeutenden Rayon ausbreitet, dass diesseits der Alpen — von lokalen Gewitterregen abgesehen — in dem Gebiete eines Flusses nie aussergewöhnlich mächtige Regenfälle stattgefunden haben,

[1] Vergl. die Note 1 auf S. 17.

ohne dass auch die benachbarten Flussgebiete in Mitleidenschaft gezogen worden, nie aber findet sich der Fall, dass in mehreren benachbarten grösseren Flussgebieten die absolut höchsten Niederschläge beziehungsweise die absolut grössten Flusswasserstände zu gleicher Zeit eingetreten sind. Ist es doch auch erklärlich, dass, wenn an einer Stelle ein ungewöhnlich plötzlicher und massenhafter Niedergang des atmosphärischen Wassers stattgefunden hat, durch solche Entladung die Wucht der Regenfälle in gewissem Umkreise gebrochen werden muss, wenn man, was doch wohl berechtigt ist, annimmt, dass nicht allein für das Verhältniss zwischen dem atmosphärischen und tellurischen Wasser, sondern auch in Bezug auf das einer Gegend zugetheilte Wassercapital überhaupt gewisse äusserste Grenzen bestehen. Das höchste bekannte eisfreie Hochwasser eines Gebirgsflusses ist aber stets die Folge örtlicher Maximalniederschläge. Wie weit sich diese selbst und wie weit deren abschwächende Wirkung auf die Umgegend sich ausdehnen, dies kann allerdings nur aus der Erfahrung, aus den bezüglichen Beobachtungen bekannt sein. Was aber im Gebiete der Naturerscheinungen nach Menschen Gedenken und Wissen zu keiner Zeit da gewesen,[1] mit dem darf auch nicht gerechnet werden, wenigstens hat dies da keinen Zweck, wo es sich um praktische Folgerungen handelt.

Ein weiteres instructives Ergebniss unserer Betrachtung über die Seezuflüsse bestünde dann darin, dass allerdings belangreiche Gründe dafür vorliegen, dass die Anschwellungen der Seezuflüsse in Folge der Entwaldungen und der Ausbreitung der Bodencultur im Einzugsgebiet des Bodensee's im Laufe der Zeiten schroffer und intensiver geworden und somit auf eine nicht unerhebliche Vermehrung der Maximalzuflussmengen zu schliessen ist. Ebenso darf wohl die Annahme, dass auch für die Folge durch die Wirkungen von Regulirungen und Correctionen des oberen Rheines und der Nebenflüsse, sowie von sonstigen Landesmeliorationen im Einzugsgebiete des Bodensee's noch eine weitere Steigerung der dem See zufliessenden Hochwassermengen zu erwarten steht, als in Wahrscheinlichkeit beruhend zugelassen werden, wenn auch die Befürchtungen, die nach dieser Richtung unter den Seeanwohnern neuerdings laut geworden, vielfach übertrieben erscheinen.

B. Die horizontale Ausdehnung des Seespiegels und dessen verticale Bewegungen.

a. Grösse der Seefläche.

In der geographischen Literatur schwanken die Angaben über den Flächeninhalt des Bodensee's — wenn sie sich nicht offenbar nur auf den oberen See allein beziehen — zwischen

[1] Wie Lauterburg's den „denkbar grössten Wasserstand" noch übersteigende „ausserordentliche (ausser alle Berechnung fallende) Catastrophenzustände". Schweizer-Stromabflussmengen. Bern 1876.

$9\frac{1}{2}$ geogr. Quadratmeilen = 523,098 qkm. (Wörl)
und
$9\frac{3}{4}$ geogr. Quadratmeilen = 536,863 qkm. (Ritter).

In den in der Einleitung gedachten Verhandlungen über die Entfernung der Stauwerke bei Constanz (1857) wurde von den technischen Commissären die Fläche des oberen See's zu

8,4 geogr. Quadratmeilen = 462,528 qkm

angenommen.

Die Commission für die technische Vorberathung über die Regulirung der Hochwasserstände des Bodensee's (1873) hat die Fläche des Untersee's

bei mittlerem Wasserstande zu 60,465 qkm,
bei Sommerhochwasser zu 69,900 qkm

berechnet.

Bezieht sich, wie anzunehmen, die bei der Conferenz von 1857 benützte Flächenzahl gleichfalls auf einen mittleren Wasserstand, so würde sich nach den Annahmen der beiden Commissionen die Gesammtfläche des Bodensee's (ohne den Rhein zwischen Constanz und Ermatingen) zu

462,528 + 60,465 = 522,993 qkm

ergeben.

In den Bülletins der schweizerischen hydrometrischen Beobachtungen endlich ist die Seefläche zu 539 qkm angegeben.

Für den Zweck der vorliegenden Arbeit wurde nun eine neue Ermittelung nach den topographischen Landesvermessungen der Seeuferstaaten vorgenommen, wonach

der obere Bodensee	467 qkm
der Untersee einschliesslich des Rheins von Constanz abwärts	61,3 „
die ganze Fläche	528,3 qkm [1]

misst.

Die topographischen Landesaufnahmen geben aber die Configuration der Ufer nach einem mittleren Wasserstande, ungefähr der Vegetationsgrenze folgend, die auf beträchtliche Erstreckungen unter den Stand des gewöhnlichen Sommerwassers reicht. Es wurden nun auch die Grenzen der bei nicht gerade aussergewöhnlichem Hochwasser eintretenden Inundation bestmöglichst in diese Kartenwerke eingetragen und der dadurch sich ergebende Zuwachs zur Seefläche

für den oberen Bodensee zu	14,7 qkm
für den Untersee zu	12,5 „
im Ganzen zu	27,2 qkm

ermittelt und beträgt demnach der Flächeninhalt des Hochwasserspiegels

des oberen Bodensee's	481,7 qkm
des Untersee's	73,8 „
im Ganzen	555,5 qkm

[1] Nach Staatengebieten vertheilt sich diese Fläche in Quadratkilometer annähernd wie folgt: Oberer See: Baden 114, Baiern 30, Oesterreich 61,5, Schweiz 158, Württemberg 103,5. Untersee: Baden 45, Schweiz 16,3 qkm.

Da nun für die Zwecke unserer Untersuchung mehrentheils nur mit den mittleren und höheren Wasserständen gerechnet werden muss, so wurde für die Gesammtfläche des Bodensee's — die Schwankung zwischen Mittel- und Hochwasser annähernd vermittelnd — die runde Zahl von 540 qkm den Berechnungen zu Grunde gelegt.

Die Kartenwerke, aus welchen diese Zahl ermittelt worden, beruhen sämmtlich auf Aufnahmen der jüngsten 40 Jahre. Dass die Gestaltung der Ufer des Bodensee's und damit dessen Flächenausdehnung aber im Laufe der Zeiten erhebliche Aenderungen und zwar letztere eine Verminderung erfahren habe und erfahren musste und auch für die Folge noch erleiden werde, wird allgemein angenommen und ist auch fast nirgends da, wo von der Grösse des Bodensee's die Rede ist, hierauf besonders hinzuweisen unterlassen worden. Die Ansicht gründet sich auf den allgemeinen Satz, dass jeder See, in welchen sich Geschiebe oder Schlamm führende Flüsse ergiessen, durch die Ablagerung des Detritus der Zuflussgebiete in allmähliger Ausfüllung begriffen ist.[1] Der Satz ist zweifellos auch auf den Bodensee zutreffend; auch hier muss das Becken durch die in demselben zur Ruhe kommenden Sinkstoffe beständig sich verkleinern. Für uns ist aber nur die Frage von praktischer Bedeutung, in welchem Masse diese Abnahme vorgeschritten ist und vorschreitet und zwar ist es nicht sowohl der cubische Inhalt des Seebeckens, als vielmehr nur die horizontale Ausdehnung des Seespiegels, die dabei in Betracht kommt, indem ja die Tiefe des See's, unter dem niedrigsten Wasserstande, dessen Regime gegenüber indifferent ist.

Sehen wir uns in den älteren Nachrichten über die Grösse des Bodensee's um, so finden wir eben nur schätzungsweise Angaben von zweifelhaftem Werth. Wenn Strabo den Umfang des Bodensee's zu 300 Stadien, dessen Breite zu 200 Stadien, Ammian die Länge zu 460 Stadien, die Breite zu nicht viel weniger angibt, wenn Vadian die Länge des See's zu 35 000 italienischen Schritten anschlägt und nach Stumpff im 16. Jahrhundert der See „gemeinlich auff 7 geringer Teutscher Meylen breyt geachtet“, an der weitesten Stelle aber zu 12 000 Schritt angenommen wurde, so kann aus der Verschiedenheit dieser Massangaben unter sich und gegenüber dem gegenwärtigen Zustande ebensowenig eine Folgerung hinsichtlich einer Aenderung der Seefläche gezogen werden, als aus der Vergleichung der älteren schlechten kartographischen Darstellungen des See's. Zweifellos und für die vorliegende Frage von entscheidender Bedeutung ist aber, dass die Errichtung fester Wohnsitze an Stelle der heutigen Uferstädte und Uferorte nachweisbar auf über ein Jahrtausend zurückreicht, und — wie im vorigen Abschnitte erwähnt — selbst solcher Orte, die auf den Delta's und Schuttkegeln der Zuflüsse des See's stehen. Dass aber die Verlandungen an den Einmündungen der Flüsse und in deren Nähe allerdings, wenn auch nur in äusserst lang-

[1] Cotta sagt in seiner Geologie der Gegenwart S. 363: „Jeder See geht seiner Vernichtung als See entgegen, entweder durch Ausfüllung oder durch tieferes Einschneiden des Ablaufs, oft durch beides zugleich.“

samem Fortschreiten, zunehmen mussten und müssen, ist, wie oben gezeigt, nicht zu verkennen und demnach auch nicht in Abrede zu stellen, dass nicht nur der Raumgehalt des Seebeckens durch Ablagerung von Sinkstoffen in grösserer Tiefe, sondern auch die Flächenausdehnung des See's sich mit der Zeit vermindert hat und noch vermindern wird, doch bedarf es aus den oben schon angegebenen Gründen offenbar Jahrtausende, bis durch das Vorrücken der Ufer nur eine Fläche von einigen Quadratkilometern dem See entzogen wird.

Aber auch von einer Erweiterung des See's ist die Rede. Wie schon Stumpff erzählt, sind oberhalb Rorschach und bei Arbon bei ruhigem, klaren See und niederem Wasserstande „starke und breyte pfalment vnd maalzeichen starker gebeuwen“ auf dem Seegrunde zu erkennen. Hartmann erwähnt ebenfalls dieser Mauerreste bei Arbon und bezeichnet sie als Fundamente der ehemaligen Ringmauern und alter Thürme, ebenso G. Schwab, der sie als Ueberreste römischer Mauern bezeichnet. Vor dem Seethor von Arbon soll ehemals eine Viehweide gewesen sein, die nun mit Wasser bedeckt ist. Dass man es hier wirklich mit einer Senkung des Ufers, also mit einer lokalen Ausdehnung des See's zu thun hat, ist um so wahrscheinlicher, als auch die nordöstliche, erst im 13. Jahrhundert erbaute Stadtmauer von Arbon sich erheblich gesenkt und ein Thurm sich gespalten und gegen den See geneigt hat.[1] Hartmann und Schwab kommen desshalb zu dem Schlusse, dass der See, seitdem wir geschichtliche Kunde von ihm haben, sich weder stark vergrössert noch verkleinert, sondern nur in seiner Uferform umgewandelt habe; und dass er um das, was er sich vielleicht seit Ammian's Zeiten verkleinert hat, sich in der Mitte mehr ausgebreitet haben mag. Die Senkung der Halde und damit des Ufers an dem Horne, auf welchem Arbon liegt, ist eine an den See'n der Molasseformation nicht auffallende und als Folge von Belastung des Ufers durch Bauwerke oder sonstige Störung der Gleichgewichtslage nicht gerade seltene Erscheinung.[2]

Weder bei Arbon noch oberhalb Rorschach[3] kann es sich indess um eine belangreiche Erweiterung des Seebeckens handeln und fehlen an beiden Orten auch die Bedingungen für die Annahme weiterer Ausdehnung der Senkung.

b. Die Schwankungen des Seeniveau's.

Während wir an den grösseren schiffbaren Flüssen und Strömen meist schon in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts Stationen zur Beobachtung der Wasserstandsschwankungen finden, scheint der erste „Wasser-

[1] G. Schwab, Bodensee, S. 290.

[2] Aehnliches geschah in der Neuzeit bei Ueberlingen und bei Bodmann wie am Zürichersee bei Horgen; vor einigen Jahrzehnten auch am Luganer See.

[3] Die von Stumpff erwähnten Gebäudereste „ob Rorschach“ sollen sich bei Wartegg, zunächst Staad, befinden. Hartmann, Bodensee, S. 21

messer“ am Bodensee 1797 zu Lindau errichtet worden zu sein. Der Constanzer Pegel ist 1816,[1] ein solcher zu Friedrichshafen im Jahr 1837 aufgestellt worden. Bald folgten weitere Beobachtungsstationen zu Rorschach, Romanshorn, Uttwyl, Meersburg, Ludwigshafen, Ueberlingen, Gottlieben, Radolfzell, Kattenhorn und Stein. Die nach den verschiedenen Landesmassen eingetheilten Scalen wichen auch in der Lage der Nullpunkte, wie in dem Sinne der Zählung von einander ab. Während der Nullpunkt des Pegels zu Lindau nach dem niederen Wasserstande vom März 1797 bestimmt worden war, wurde für den Pegel zu Constanz die grösste Wasserhöhe von 1816 und sodann von 1817 als Nullpunkt angenommen und die Scale von hier an abwärts in badische Fuss und Zoll eingetheilt. Dem gleichen Systeme folgte man bei Errichtung der Pegel am schweizerischen Ufer wie am Ueberlinger und Untersee. In Friedrichshafen dagegen wurde der Pegelnullpunkt wieder in einen Niederwasserstand verlegt[2] und die Scala nach württembergischem Landesmass eingetheilt. Seit einer Reihe von Jahren bestehen auch noch Limnigraphen (selbstregistrirende Pegel) zu Friedrichshafen, Lindau und Constanz.

Die mangelnde Uebereinstimmung der Bodenseepegel ist in der neueren Zeit, seitdem man mit dem an den meteorologischen Beobachtungen erwachten Interesse auch der Aufzeichnung der Seeschwankungen grössere Aufmerksamkeit zuwandte, als ein Missstand empfunden worden und hat das Bestreben zu dessen Beseitigung denn auch zu einer Verständigung unter den mit den Wasserstandsaufzeichnungen betrauten Behörden geführt. In einer 1874 zu Constanz abgehaltenen Berathung nämlich einigte man sich dahin, einen neuen, für sämmtliche Pegel gemeinsamen Nullpunkt zu bestimmen, entsprechend dem 20. Fuss des Constanzer Pegels[3] und die Scalen in aufsteigendem Sinne nach Metermass einzutheilen, nachdem die Beziehungen der seitherigen Pegelnullpunkte durch besonders präcise Beobachtungen der gleichzeitigen Wasserstände an den verschiedenen Stationen während eines Winterbeharrungszustandes ermittelt sein würden. Die Versetzung beziehungsweise Neuaufstellung der Pegel ist inzwischen, wenigstens an den Hauptstationen, durchgeführt worden[4] und liegt der neue Nullpunkt also nun genau 6 m unter dem Nullpunkt des alten Constanzer Pegels.

[1] Er befand sich an dem sogenannten Luckenhäuschen, ungefähr an der Stelle des jetzigen Leuchtthurmes, und wurde Anfang der 1840 Jahre in die südwestliche Ecke des Hafens versetzt, wo er sich gegenwärtig noch befindet.

[2] Auch an einem zweiten Pegel zu Rorschach und an jenem zu Romanshorn.

[3] Es ist dies diejenige Tiefe unter dem niedrigsten Wasserstande, welche für die Bewegung der Dampfboote grössten Tiefganges bei dem bekannten niedersten Wasserstande und bei voller Ladung erforderlich ist. Die Sohle der Hafenbassins wäre, wo immer möglich, auf dem Niveau des neuen Nullpunktes zu erhalten und kann dann die jeweilige Fahrwassertiefe am Pegel abgelesen werden.

[4] Dabei wurde vorausgesetzt, dass der vollkommen ruhige Seespiegel bei allen Wasserständen parallel zum Erdsphäroid bleibe. Gleichzeitig angestellte Barometerbeobachtungen haben ein Resultat hinsichtlich der Einwirkung verschiedenen Luftdrucks auf den Seespiegel nicht geliefert. — Für die Construction der neuen Pegel-

An diesem Pegel sind seit 1817 die Wasserstände täglich abgelesen und aufgezeichnet worden, während die Beobachtungen zu Friedrichshafen täglich erst von 1851 ab geschahen. Die Resultate der letzteren sind seit 1867 alljährlich zusammengestellt und mit sachgemässen Erläuterungen veröffentlicht worden.[1]

Die kritische Untersuchung dieser statistischen Materialien lässt uns nun vor allem wieder die Natur des unter der Herrschaft des alpinen Wasserabflusses stehenden Rheines und damit auch erkennen, dass es nur berechtigt ist, wenn der Bodensee hydrographisch zu den Schweizersee'n gezählt zu werden pflegt, denn wie bei den übrigen See'n der Schweiz sind es die Schnee- und Eismassen des Hochgebirges, die mit ihrer alljährlichen Zu- und Abnahme die Bewegung des Bodenseeniveau's in ihrem generellen Verlaufe bestimmen.

Die graphische Darstellung der mittleren Monatswasserstände des Bodensee's aus dem Durchschnitte der Jahre 1862 bis 1872 Blatt VI, Fig. 1[b] zeigt uns denn auch denselben Verlauf der Curve, wie die gleiche Darstellung für den Rhein bei Au, Fig. 1[a].

Noch deutlicher kommt das Hochgebirgsregime des See's in der Darstellung Fig. 1, Blatt IV zum Ausdrucke. Sie gibt in der Curve I den mittleren Wasserstand der Jahre 1853 bis 1876, berechnet aus dem 24jährigen Durchschnitte der Dove'schen fünftägigen Perioden, bezogen auf den Pegel zu Constanz alter und neuer Scala. Die als Curve der Maxima und Minima bezeichneten Linien II und III verbinden die in den gedachten Jahren vorgekommenen grössten und kleinsten Werthe der fünftägigen Perioden. Nebstdem sind die bedeutendsten Hochwasserstände, sowie aussergewöhnlich niedrige Seestände als Punkte ausserhalb der Curven der Maxima und Minima über dem dem Zeitpunkte ihres Eintretens entsprechenden Punkte der Abscissenachse eingetragen.[2]

Verfolgen wir die Curve I, so finden wir die niedrigsten Wasserstände in den Wintermonaten Januar und Februar, d. i. in jener Zeit, in welcher der Wasserabfluss vom Hochgebirge sein Minimum erreicht. Im März beginnt sich die Curve zu heben, stärker erst im nächsten Monate als Folge der Frühjahrsregen und insbesondere des Schneeabgangs aus dem Hügellande

scalen wurde jene des Rorschacher Pegels beibehalten: im rechten Winkel gestellte gewalzte Bleche, in welchen die Scala, von 5 zu 5 cm abwechselnd, ausgestanzt ist. — Zur Zeit der Ausführung der technischen Vorarbeiten für die Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's bestunden zu Constanz und am Untersee überall noch die alten Pegelscalen in Fussmass, wesshalb dieses Mass auch im Folgenden noch benützt werden musste. Vergl. auch Anl. II, erste Sitzung vom 24. März 1873, Schlusssatz des Protocolls.

[1] Württemberg. Jahrbücher 1867 u. ff. In diesen durch Prof. Dr. Schoder, ordentl. Mitglied des K. württemb. statistisch-topographischen Bureau's, bearbeiteten Berechnungen und Uebersichten der Mittelwerthe, Maxima und Minima der Wasserstände liegt uns das beste Material über diesen Gegenstand vor, von welchem auch in dem Folgenden Gebrauch gemacht worden ist.

[2] Eine solche Darstellnng für den Bodensee ist erstmals von Prof. Dr. Schoder für die Periode 1853—1867 bearbeitet worden. Württembergische Jahrbücher 1867.

und den sog. Vorbergen. Wie sich nun die Abschmelzung des Schnees immer weiter in die höheren Bergregionen ausdehnt, so steigt die Curve stetig an und erreicht ihre Culmination auf der Grenze der Monate Juni und Juli, d. i. zur Zeit des Maximums der alpinen Schneeschmelze.[1] Nun senkt sich die Curve wieder — langsamer als sie angestiegen und weniger stetig zu Folge der stärkeren herbstlichen Niederschläge bis zu den mehr beharrenden Winterwasserständen.

Ist in der Curve I hauptsächlich die Präponderanz des Mehr- oder Minderzuflusses aus dem Hochgebirge ausgeprägt, so erkennen wir in der Curve II jene nicht periodischen Anschwellungen, wie sie vornehmlich durch stärkere Niederschläge im Sammelgebiete des See's verursacht werden, besonders häufig und intensiv im Spätjahre; doch erreicht nur äusserst selten eine solche Spätjahrsanschwellung die Höhe der in die Monate Juni und Juli fallenden Sommermaxima. Aber auch bei diesen letzteren spielen die atmosphärischen Niederschläge, wenn sie zur Zeit der Schneeschmelze des Hochgebirgs nicht selten andauernd und massenhaft stattfinden, eine wesentliche Rolle, bedeutender als der Grad der Anhäufung der Schneemassen selbst. Es mögen sich noch so grosse Schneemassen im Gebirge angehäuft haben, so begründet dies an sich noch nicht die Besorgniss, dass der See im darauffolgenden Sommer eine ungewöhnliche Höhe erreichen müsse. Erfolgt bei allmähligem Uebergange des Winters zur warmen Jahreszeit der Abgang des Schnee's successive vom Hügelland gegen die höheren Gebirgslagen fortschreitend, also auch vertheilt auf längeren Zeitraum, so bleibt die Ansteigung des See's immer in mässigen Grenzen. Die Masse des abschmelzenden Schnee's macht sich wohl auch in der grösseren Sommerwasserhöhe, hauptsächlich und in der Regel aber nur in der längeren Dauer der Anschwellung fühlbar. Wenn dagegen in Folge rauher Frühjahrswitterung der Schnee in dem mittleren Gebirge länger liegen bleibt und bis in den Monat Mai noch bedeutende Schneefälle im Hochgebirge stattfinden, und wenn sodann gegen die Sommerwende im schroffen Witterungswechsel die Temperatur sich rasch erhöht, begleitet von Föhnstürmen im Hochgebirge und warmen Regen im Tieflande, dann ereignet es sich wohl, dass die alpine Schneeschmelze schon kräftig begonnen hat, bevor die Vorberge ganz schneefrei geworden. In solchen Jahren erreicht der Seespiegel eine aussergewöhnliche Höhe und meist zugleich auch die Anschwellung eine beträchtliche Dauer, je nach den in die Hochwasserperiode fallenden Niederschlägen des engeren Sammelgebietes.

Alle bekannten aussergewöhnlich grossen Seewasserstände treffen denn auch fast immer auf die Monate Juni oder Juli, nur selten auf den Monat August, während die ausnahmsweise auf die Monate September und Mai fallenden Culminationen nur in ungewöhnlich trockenen Jahrgängen vorkommen, in denen der See überhaupt einen sehr hohen Stand nicht erreicht hat.

[1] Eine alte Regel sagt, dass in einem „guten Jahr“ (Weinjahr) der See nach Johanni (24. Juni) nicht mehr wachsen soll.

Die Curve III endlich zeigt uns die Abweichungen von der mittleren Wasserstandscurve in besonders wasserarmen Jahren. Strenge anhaltende Winterkälte und langsame Schneeabschmelzung im Hochgebirge bestimmen hauptsächlich die Gestalt dieser Curve.

Fig. 2 Blatt IV gibt sodann eine übersichtliche Darstellung der höchsten, der niedrigsten und der gemittelten Jahreswasserstände von 1817 bis 1876. Wir ersehen hieraus, dass der hohe Seestand vom Juli 1817 seitdem nicht wieder erreicht worden ist; am nächsten kommen ihm das Hochwasser von 1821 mit 1 Fuss und das Hochwasser vom 17. Juni 1876 mit 1,3 Fuss unter dem Nullpunkt des Constanzer Pegels, alte Scala. Die niedrigsten Wasserstände finden wir in den Jahren 1823 und 1830 mit 13 Fuss am Pegel (a. Sc.) = 2,10 m neue Scala.

In der 60jährigen Periode erheben sich die Jahresmaxima im Durchschnitt 1,26 m über den Durchschnitt der Jahresmittel, während die Minima 0,86 m darunter bleiben, so dass also die durchschnittliche Jahresschwankung 2,12 m beträgt. Die grösste Differenz zwischen dem niederen Winter- und hohen Sommerwasserstand eines Jahres fand 1821 statt mit 3,30 m, die geringste 1870 mit 1,24 m. Der absolut höchste Wasserstand (1817) überragt den Durchschnitt der Jahresmittel um 2,64 m; die kleinste Sommeranschwellung (1832) erhebt sich nur 0,30 m über den Jahresdurchschnitt. Der kleinste Winterwasserstand (1830) blieb 1,26 m; der grösste im Hochwasserjahr 1817 aber nur 0,42 m unter dem 60jährigen Durchschnitt der Jahresmittel. Die grösste Schwankung der Sommermaxima beträgt also 2,34 m, jene der Winterminima 0,84 m, die Differenz zwischen dem absolut höchsten und absolut tiefsten Stande 3,90 m, zwischen dem kleinsten Sommer- und dem grössten Winterwasserstande aber nur 0,72 m. Wie dann aus dieser Darstellung weiter zu ersehen, machen sich die hohen Sommeranschwellungen fast ausnahmslos auch in dem hohen mittleren Jahreswasserstand bemerklich, weniger — aber doch noch erkennbar — in der Curve der Minima. Letztere zeigt noch geringere Schwankungen als die Curve der mittleren Jahreswasserstände; die schroffsten Bewegungen aber weist die Curve der Maxima auf, weil diese meist durch rasche Anschwellungen der Zuflüsse bestimmt wird, während den niedrigen Seeständen in der Regel auch die Eigenschaft von Beharrungswasserständen zukommt. —

Ziemlich allgemein besteht nun der Glauben, dass das Niveau des Bodensee's, seitdem er seine jetzige Gestalt angenommen, sich gehoben habe und noch in der Erhebung begriffen sei, eine Befürchtung, die, wenn sie berechtigt, dem Verlangen der Seeanwohner um Regulirung der Hochwasserstände noch besonderen Nachdruck zu geben wohl geeignet wäre. Sie mag zunächst hervorgerufen sein durch die in den jüngsten Jahren stattgehabten bedeutenden und lange dauernden hohen Seestände und wäre sohin eine Erscheinung, wie sie überhaupt jeweils wahrzunehmen ist, wenn ungewöhnliche Witterungsverhältnisse sich in kürzeren Zeiträumen gedrängt haben. So finden wir ganz dieselbe Beunruhigung unter den Bodenseeanwohnern in der ersten Hälfte der 1850er Jahre, für welche Fig. 2, Blatt IV eine Reihe sehr

hoher Sommerwasserstände zeigt. Unsere Statistik der Wasserstands- wie der meteorologischen Beobachtungen ist eben noch zu jung und zur Zeit noch viel zu wenig populär geworden, als dass nicht jede Wiederkehr excessiver Witterungsverhältnisse vielfach an dem bedenklichen Massstabe des Gedenkens der ältesten Leute oder sonst wenig verlässlicher Ueberlieferungen bemessen würde und als dass nicht jedes Hochwasser, jede strenge Kälte oder grosse Dürre u. dergl. Gefahr liefen, jeweils als das absolut extreme Ereigniss ihrer Art erklärt zu werden.

Richtig ist allerdings, dass in den jüngsten Jahren der See wiederholt in ungewöhnlich rascher Folge zu namhafter Höhe angestiegen ist. Allein dies war an den übrigen Schweizersee'n ganz ebenso der Fall und betrifft eine Zeit, in welcher nicht nur das gesammte Stromgebiet des Rheins, sondern fast ganz Mitteleuropa der Schauplatz ungewöhnlicher Hochwasserkatastrophen waren. Unsere graphische Darstellung Fig. 2, Blatt IV zeigt auch eine ausgesprochene Zunahme weder der mittleren, noch der höchsten Seestände, und wenn sie es zeigte, so wäre eine 60jährige Beobachtungsreihe noch nicht genügend, um daraus auf eine stetige Erhebung des Seeniveau's zu schliessen.

Solche Folgerung würde auch mit Unrecht daraus gezogen, dass uns aus früheren Jahrhunderten nur von wenigen sehr hohen Seeständen Kunde geworden ist, nämlich aus den Jahren 1343, 1511, 1566, 1640 und 1770. Wenn man aber von den oft augenscheinlich übertriebenen Schilderungen der älteren Chronisten über ausserordentliche Wasserhöhen absieht und dieselben nur soweit berücksichtigt, als einzelne bestimmte, heute noch vorhandene Merkmale der stattgehabten Seehöhen angegeben werden, so ergibt sich, dass — abgesehen von der, wie es scheint, sehr bedeutenden Hochwasserkatastrophe von 1343, für deren Wasserhöhe jedwelche nähere Bezeichnung fehlt — jene früheren Hochwasser den hohen Seestand von 1817 zwar nicht ganz, doch nahe erreicht haben. So kam nach deutlichen Angaben der Ueberlinger Chronik das Hochwasser von 1511 einem Stande von 1,2 Fuss, jenes von 1566 einem solchen von 0,4 Fuss am Constanzer Pegel (a. Sc.), also unter der Wasserhöhe von 1817, gleich, während im Juni 1876 der See sich auch nicht über 1,3 Fuss des Pegels erhoben hat. Bis anher ist das neunzehnte Jahrhundert also bezüglich der grossen Bodenseehochwasser nicht schlimmer bedacht, als das sechzehnte.

Nun ist aber neuerlich ein Erfund anderer Art als Bestätigung dafür, dass die Wasserstände des See's in vergangener Zeit einmal niedriger gewesen sein sollen, als gegenwärtig, geltend gemacht worden, und zwar müssten hiernach nicht allein die Anschwellungen des See's damals minder hoch angestiegen, sondern es müsste das Seeniveau auch bei mittlerem und kleinem Stande niedriger gewesen sein. Man will nämlich bei der Untersuchung von Pfahlbaufunden bei Constanz nach der Lage und Beschaffenheit der Pfahlköpfe die Höhenlage des Bodens der an diesen Stellen bestandenen Ansiedelungen ermittelt haben. Die Unterkante des Bodens würde demnach etwa dem 12. Fuss des Constanzer Pegels (a. Sc. oder 2,40 m n. Sc.) entsprechen, und da nun anzunehmen sei, dass die Bewohner der Pfahlbauten

die Böden ihrer Wohnsitze wasserfrei angelegt hatten, so wird gefolgert, dass seit der Pfahlbauzeit, die allerspätestens in das 5. bis 6. Jahrhundert v. Chr. verlegt wird, das Niveau des See's um etwa 3,60 m sich gehoben habe.[1] Die Sache lässt jedoch mancherlei Zweifel zu. Vor Allem ist es schon allein durch die zerstörenden Einflüsse der atmosphärischen Luft bedingt, dass die Reste von mindestens 2 Jahrtausend alten Pfählen sich nur soweit erhalten konnten, als sie beständig von Wasser bedeckt waren. Sodann ist es mehr als fraglich, ob die an einzelnen Pfahlköpfen entdeckten Zapfen unmittelbar die Unterzüge des Bodens des Gebäudes aufgenommen hatten. Denn bedenkt man die Schwierigkeiten des Transportes und des Einrammens langer Holzstämme, so ist vielmehr wahrscheinlich, dass wir in den ausgehobenen Pfahlresten nur die Fundamentpfähle vor uns haben, auf welche Längs- und Querholme und auf diese erst die das Pfahlhaus tragenden Joche aufgezapft waren. Endlich ist auch die Möglichkeit einer Senkung des Bodens gerade an der Stelle des Constanzer Pfahlbaufundes, bei der sogenannten Rauenegg, dessen Untersuchung zu jener Hypothese Anlass gegeben hat, nicht ausgeschlossen.[2]

Diese letztere Erwägung könnte auch gegenüber dem in Bucelin's Constantia Rhenana erwähnten, 1452 beim Bau des Kreuzlinger Thores in beträchtlicher Tiefe unter dem Boden geschehenen Funde einer Brücke mit grossen Schwibbogen Platz greifen, wenn nicht Grund genug vorläge, jene Erzählung zu Bucelin's übrigen Fabeln zu zählen.[3]

Sind somit die Folgerungen, auf welche sich die Behauptung der Niveauhebung des See's stützt, nichts weniger als concludent, so erschien die deductive Begründung solcher Annahme um so leichter. Einerseits Verminderung der Fläche des See's in Folge der Ablagerungen von Sinkstoffen und die Steigerung der Hochwasser der Zuflüsse, anderseits durch Natur und Kunst erzeugte Verengung des Seeausflusses wurden und werden heute mehr als je als die klarliegenden Ursachen betrachtet, welche eine Erhöhung der Wasserstände des Bodensee's erzeugen mussten.[4]

[1] Vergl. Steudel, Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensee's, 5. Heft, 1874. Die Untersuchung ist durch von Tröltsch vorgenommen und das Ergebniss in einer Skizze dargestellt worden, die sich in der Bibliothek des genannten Vereins in Friedrichshafen, in einem zweiten Exemplar in der Rosgartensammlung zu Constanz befindet.

[2] Der 1505 an der Rauenegg erbaute städtische Werkhof wurde des „bösen und versottenen Bodens" wegen auf erlene Pfähle gesetzt. Marmor, Geschichtl. Topographie der Stadt Constanz, S. 45. Auch das hier in der Neuzeit errichtete Bahnhofgebäude musste auf Pfahlrost fundirt werden.

[3] Marmor, a. a. O. S. 52, weist darauf hin, dass weder Schulthaiss noch Mangold, beide Constanzer Chronisten, die 100 Jahre vor Bucelin gelebt und geschrieben haben, mit dem geringsten Worte dieses Fundes erwähnen. Ebenso fehlt jede Andeutung hievon in dem Constanzer Baubuch, obschon dort über den Beginn des Kreuzlinger Thorbaues berichtet wird.

[4] Steudel weist auf die Möglichkeit hin, dass noch, nachdem der Bodensee schon im Wesentlichen seine heutige Gestalt angenommen hatte, ein Arm des Rheines sich

Wie es sich mit der Frage betreffs der Veränderungen der horizontalen Ausdehnung des Seespiegels verhält, ist oben schon gezeigt worden. Die Thatsache der allmähligen Veränderung ist gewiss richtig, das Fortschreiten desselben indess zweifellos nur ein sehr langsames. Schwerer ins Gewicht fällt die Vermehrung der Zuflussmengen; doch betrifft sie mehr nur den Vorgang der Anschwellungen der Flüsse und kann auf die Beharrungswasserstände des See's einen erheblichen Einfluss nicht geäussert haben, wenn schon der Steigerung der Intensität der Hochwasser eine Minderung der Wasserführung der Flüsse in der Niederwasserperiode entsprechen dürfte. Welche Bewandtniss es endlich mit den Hemmungen des Seeabflusses hat, wird im folgenden Abschnitte des Näheren zu untersuchen sein.

Hier bleibt aber noch ein Moment anzuführen, das gegen die Annahme eines ehemals niedrigeren Seestandes Zeugniss gibt: die Höhenlage der sogenannten „Wysse", der Bank zwischen Ufer und Halde. An Uferstrecken, wo diese sich als ziemlich scharf begrenzter Rand des Seekessels darstellt, wie z. B. bei Meersburg, bei Rorschach u. a. O., liegt jene Bank fast überall auf gleichmässiger Tiefe, dem jetzigen Niederwasserstand entsprechend, und stimmt diese Lage auch mit jener Tiefe überein, in welcher noch Pfahlbaureste in verticaler Stellung gefunden worden sind. An solchen Stellen besteht die Bank aus jenem weichen Molassesandstein, der, unbedeckt den Einflüssen der Luft, des bewegten Wassers und des Frostes exponirt, in Sand zerfällt. Er musste also auch überall da, wo er, nachdem der See durch die Jurafelsen bei Schaffhausen seinen Abfluss gefunden hatte, am Rande des Seekessels zu Tage trat, so weit verwittern und abgespült werden, als der Seespiegel beim niedrigsten Wasserstande zurücktrat. Wäre nun das Niveau des See's vormals tiefer gewesen als gegenwärtig, so müssten diese Molassebänke, wie übrigens auch die Pfahlbaureste, heute entsprechend tief unter Niederwasser bleiben, während sie im Gegentheil bei sehr niederem Seestande grossentheils sogar trocken zu fallen beginnen. Im Einklange damit bezeugen auch bei ausserordentlich tiefen Seeständen sichtbar werdende Jahreszahlen auf einem erratischen Blocke an der Westseite der Insel Reichenau, dass solche Niederwasser wenigstens schon seit mehreren hundert Jahren als seltene Erscheinungen angesehen worden sind.

Nun ist allerdings hiermit nur bewiesen, dass die Niederwasserstände des See's niemals längere Zeit tiefer gesunken sein können, als in unserer Zeit; damit wäre aber nicht ausgeschlossen, dass die Anschwellungen des Bodensee's im Laufe der Zeit, wenn auch nachweisbar seit vier Jahrhunderten nicht absolut, so doch relativ höhere, beziehungsweise in gewisser Ansteigung häufiger geworden sein mögen. Die grössere Intensität der Hochwasser der

bei Sargans nach dem Wallensee ergossen haben könnte und dadurch die Wasserstände im Bodensee zeitweise niedriger gewesen seien. Es mag dies hier um so mehr dahin gestellt bleiben, als hiebei ein vorgeschichtlicher Zustand, ein von dem heutigen total verschiedenes Seeregime in Frage käme, das mit unserer vorliegenden Aufgabe ausser Beziehung steht.

Affluenten lässt dies sogar voraussetzen; indess erstreckt sich unsere nähere Kenntniss der Bewegungen des Bodenseespiegels auf allzu kurzen Zeitraum, und ist der ganze Vorgang der Seeanschwellungen doch zu complicirt, als dass das Mass der Steigerung derselben aus dem chronistischen und statistischen Materiale sich nachweisen liesse. —

Bevor wir die Erörterungen über die verticalen Bewegungen des Seespiegels verlassen, sei auch noch jener angeblichen Schwankungen gedacht, die man als eine den Gezeiten des Meeres ähnliche Erscheinung bezeichnet hat. Bekanntlich soll am Genfer See seit lange ein zeitweises plötzliches Aufsteigen und Sinken des Seespiegels zu beobachten sein. Die Erscheinung wird dort mit dem Worte „seiches" bezeichnet und ist neuerdings von Professor F. A. Forel in Lausanne durch präcise Untersuchungen constatirt worden. In einer seiner jüngsten Schriften bemerkt Forel,[1] dass — wie er auch selbst wahrgenommen habe — eine den Seiches analoge Erscheinung auch am Bodensee vorkomme und dort mit „Rus" benannt sei. Letztere Angabe beruht wohl kaum auf Erkundigungen bei den Seeanwohnern, denn diese verstehen unter „Rus" etwas ganz anderes: einen leichten Wind, Brise, die eben nur den Seespiegel kräuselt, rauh — in der Mundart der Seeanwohner „ruuh" — macht, ohne dass oder bevor die schwingende Wellenbewegung eintritt; mit „Ufirus" werden auch die Widerströmungen im Rheine zwischen Constanz und Schaffhausen, die sich dem Auge in der Regel ebenfalls durch kräuselnde Bewegung des Wasserspiegels verrathen, bezeichnet. Der „Ruhss" als ein den Seiches des Lemansee's ähnliches, merkwürdiges Phänomen wird auch von Hartmann[2] und nach ihm von G. Schwab erwähnt. Ersterer bemerkt, dass nach der Meinung von Sartorius[3] hier die Wirkung von Strömungen auf dem Grunde des See's vorliege und dass die Erscheinung am Bodensee viel seltener sei als am Genfer See. Ein Fall, wobei sich die Wallungen des Wassers ganz ausserordentlich stark zeigten, sei aber schon in der handschriftlichen Chronik des Constanzer Bürgermeisters Christoph Schulthaiss[4] beschrieben.

[1] Prof. Forel hat sich die naturwissenschaftliche Erforschung des Genfer See's zur besonderen Aufgabe gemacht und über das Ergebniss seiner Beobachtungen und Studien in den letzten Jahren eine Reihe von interessanten Schriften veröffentlicht. Lausanne, L. Corbaz et Cie.

[2] Hartmann, a. a. O. S. 38.

[3] Voigt, Magazin für den neuesten Stand der Naturkunde XII, S. 57—64.

[4] Wir lesen dort vom 25. Februar 1549: „Uff diesen Tag, war St. Mathys Abend, Morgens früh ist der See an vnd abgeloffen wol einer Elen hoch, dergestalt, so der See angeloffen, so ist er in der Wette schier bis zu der Spitalsegke herufgangen. So er abgeloffen, ist er schier by der Stegen an der Vischbrugke erwunden, vnd so er klain worden, so ist er bald mit einem Ruschen als ob das Gewell von dem Wind (welcher doch nit war) getrieben wurd wider angeloffen, vnd sölchs ist etwa in ainer Stund vier oder fünfmal geschehen (wie ich selbst gesehen hab) das hat also bis Nachmittag geweert. Aber je speter es worden, je minder er an vnd abgeloffen ist. Dess hat meniglig ein gross Verwundrung gehabt. Denn niemant gwesen der je gehört, dass dergleichen vorher hier geschehen seye."

Da nun solche plötzliche Schwankungen des Seespiegels den heutigen Anwohnern ganz und gar unbekannt und namentlich auch in den Pegelaufzeichnungen und den Limnigraphencurven bis daher nicht wahrgenommen worden sind,[1] so scheint, wenigstens in den älteren Schriften, eine Verwechslung mit dem sogenannten Grundgewelle vorzuliegen, jener in der Constanzer Bucht wie auch im Ueberlinger See nicht selten zu beobachtenden Bewegung des glatten See's in regelmässigen breiten Wogen, wie sie an der Meeresküste bei Windstille das Aufsteigen der Fluth begleiten. Dieses Grundgewelle ist eine Fortpflanzung der Schwingungen der Seeoberfläche, wenn sie im Obersee durch einen aus dem Rheinthal hervorbrechenden Föhnsturm aufgewühlt wird, während, wie bei Föhnströmung nicht selten, die unteren Parthien des See's kaum oder gar nicht von Wind bewegt sind. Eine ganz ähnliche und leicht erklärliche Bewegung des See's ohne Wind zeigt sich in weitem Umkreise der Einmündung des Rheines, wenn dieser rasch angeschwollen ist, und namentlich dann, wenn die in den See eintretende Hochwasserwelle den letzteren in ziemlich niederem Stande trifft. In beiden Fällen aber ist die Bewegung des See's wellenförmig, ähnlich jener, wie sie bei glattem Seespiegel durch die Schaufelschläge eines grossen Raddampfers erzeugt wird; ein Aufsteigen des Seespiegels oder eine strömende Bewegung des Wassers werden dabei nicht bemerkt.

Doch ist es nicht grundlos, wenn von Strömungen im See gesprochen wird. Bei ruhiger Witterung, auch noch bei mässigem Winde ist zeitweise, namentlich an Einbauten an den Ufern, an Pfählen, Hafenmolen u. dergl. ein Fliessen des Wassers an der Oberfläche deutlich zu beobachten,[2] und zwar „rinnt," wie der Ausdruck bei den Schiffleuten und Fischern lautet, der See manchmal so kräftig, dass die Wirkung selbst in den Curszeiten der Dampfboote merklich wird, dass bei der Steuerung der Schiffe, namentlich beim Anfahren der Dampfboote an die Landungsplätze, darauf Rücksicht ge-

[1] Die Limnigraphencurven zeigen allerdings auch bei ruhigem Wetter zahlreiche kleine Schwankungen, die aber — die Apparate stehen überall in den Hafenbassins — zunächst den durch die hier verkehrenden Dampfboote erzeugten Wellenbewegungen zuzuschreiben sind. Genaue Untersuchungen hierüber sind indess noch nicht angestellt worden.

[2] Auf offenem See („in der Schweb") wird die Strömung für das Auge nur merklich in den glatten, anscheinend windstillen Streifen der Seeoberfläche, deren regelmässiges Vorkommen den Glauben an die unvermischte Strömung des Rheines durch den See bis in die neuere Zeit genährt haben mag. Diese glatten Streifen und Flecken zeigen sich auch auf dem Spiegel des Genfersee's und sind von Forel der Wirkung fein zertheilter fettiger Substanzen zugeschrieben worden. Die Erklärung ist auch für den Bodensee plausibel, dem aus den obenerwähnten sumpfigen Rieden Erdöl und durch die Abzugsgräben der Städte, von Fabriken etc., sowie auch aus den Maschinenräumen der zahlreichen Dampfboote fettige Stoffe zugehen, die dann je nach dem Verhalten des Windes lange Zeit auf der Seeoberfläche schwimmen mögen, bis sie sich an den Ufern wieder anhängen oder nach dem Rhein abfliessen. Bezeichnend ist, dass diese „Windstillen" sich bei nicht gerade stürmischem Wetter regelmässig vor der Ausmündung des Rheines und am oberen Anfange des Untersee's zwischen Ermatingen und der Insel Reichenau vorfinden.

nommen werden muss, und dass sogar der Felchenfang unterbrochen wird, weil die Garne vertreiben oder überworfen werden. Dabei hat es allerdings den Anschein, und kann auch nicht wohl anders sein, dass der Wasserspiegel an den Ufern sich langsam etwas Weniges (1 bis 2 cm) hebe und senke, und solches mag wohl auch von Forel beobachtet worden sein.

Mit den Zu- und Abflussverhältnissen des See's hat dieses eigenthümliche Phänomen offenbar nichts zu schaffen, wie schon daraus hervorgeht, dass die Strömung abwechselnd ebenso aufwärts als abwärts nach der Längsachse des See's stattfindet und dass sie ganz besonders deutlich bei Ludwigshafen, also am unteren Ende einer geschlossenen Seebucht bemerkt wird. Die Erscheinung muss wohl mit einer zeitweise durch ungleichen Luftdruck auf den oberen und den unteren Theil des See's, wohl auch durch plötzliches Aufhören eines kräftigen Windes verursachten Störung der horizontalen Lage des Seespiegels zusammenhängen, und würde demnach die Strömung dann bemerklich, wenn der Seespiegel seine Gleichgewichtslage wieder annimmt.[1] Möglicherweise spielt auch die Verschiedenheit der Temperatur in den oberen und unteren Schichten des Wassers dabei eine Rolle, wie denn überhaupt angenommen werden muss, dass in der Tiefe des See's keine oder jeweils eine jener der Oberfläche entgegengesetzte Strömung stattfindet, denn die jedenfalls nur minime Neigung des Wasserspiegels steht gar nicht im Verhältniss zu der an der Oberfläche zu beobachtenden Geschwindigkeit. Dass hier eine Beziehung mit der Schwere der Luft stattfindet, dafür spricht auch der Umstand, dass die Schiffleute und Fischer in dem „Rinnen" des See's das Anzeichen eines bevorstehenden Witterungswechsels sehen, und zwar sollen, wenn die Strömung abwärts (von Ost nach West) gerichtet ist, Westwind und Regen, bei umgekehrter Stromrichtung Ostwind und schönes Wetter folgen.[2]

Bei dem der Erforschung der physikalischen Verhältnisse des Bodensee's neuerdings mehrseitig zugewendeten Interesse ist wohl zu hoffen, dass eine gründliche Untersuchung des Phänomens bald Aufklärung über dessen Wesen und Ursachen bringen werde. Hier genügte es festzustellen, dass wir in den Wasserstandsschwankungen, so wie sie durch die Pegelbeobachtungen nachgewiesen werden, lediglich parallele Auf- und Abwärtsbewegungen des Seespiegels zu erkennen haben. —

[1] Nach Vaucher's Ansicht rühren auch die Seiches des Genfersee's von Veränderung des Luftdruckes auf die Seefläche her. Vergl. A. v. Humboldt's Reise in die Aequinoctialgegenden des neuen Continents. Stuttgart 1859. I. Band. S. 43. — Auch H. B. de Saussure war dieser Ansicht. F. A. Forel erwähnt noch als Impulse der von ihm als einknotige Oscillationsbewegungen erkannten Seiches: Windstösse, Gewitter, Unterbrechung der Anziehung der electrischen Wolken, Erdbeben. Archives des sciences physiques et naturelles. T. LXIII. Nr. 248 et 249.

[2] „Das Wasser holt den Wind," sagen die Schiffleute nnd Fischer am Bodensee.

C. Abflussverhältnisse.

Bis hierher haben wir den Bodensee stets als Ganzes betrachtet. Die hydrographische Einheit der beiden See'n, des oberen und des Untersee's, bedarf jedoch noch des Nachweises, der sich aus der gesonderten Untersuchung der beide Bassins verbindenden Flussstrecke als Abfluss des oberen See's einerseits und der Unterseeausmündung anderseits ergeben soll.

a. Der Rhein zwischen Constanz und dem Untersee.

In der Constanzer Bucht („Constanzer Tritter"), an deren nordwestlichem Ende der obere See zum Flusslaufe sich verengt, steigt der Seegrund aus einer Tiefe von 20 bis 30 m nach der Längsrichtung der Bucht sanft an und bildet oberhalb der Verengung des Ausflusses in der Richtung vom Constanzer Leuchtthurm gegen das nördliche Ufer barrenartige Erhöhungen, die in zusammenhängenden Rücken beim niedersten Seestande über den Wasserspiegel vortreten, zwischen ihrem südlichen Ende und dem Leuchtthurm eine muldenförmige Vertiefung, circa 150 m breit, offen lassend. Hier, vor dem Constanzer Hafen also, liegt der Ausfluss des oberen See's, — beginnt der Rhein. In einem unregelmässig gestalteten, ziemlich engen Rinnsale zieht er sich nun entlang der Stadt und der Dominicaner-Insel bis zu dem geschlossenen Ausflussprofile bei der Constanzer Rheinbrücke hin, auf der Ostseite begrenzt durch die vorgedachten Erhöhungen des Seebettes. Bei höheren Wasserständen werden diese vollständig und in solchem Masse überfluthet, dass sich der See selbst bis vor die Rheinbrücke zu erstrecken scheint, doch verliert das Rinnsal entlang des städtischen Ufers zwischen Hafen und Brücke seine Wirkung auch bei den höchsten Seeständen nicht; die Strömung beginnt auch dann deutlich und schon ziemlich kräftig zwischen dem Leuchtthurm und dem sogenannten Frauenpfahl. Vergl. Blatt III, Fig. 1.

Die barrenartigen Rücken oberhalb des Seeausflusses im sogenannten „Altrhein" sind bisher, auch in technischen Erörterungen, stets als Sandbänke bezeichnet worden; indess mit Unrecht. Sie bestehen bis auf eine überlagernde dünne Schicht aus dem festen, weisslichen Letten, der nicht nur in der Constanzer Bucht, sondern, soviel bekannt, durchweg den Seegrund bildet und gewöhnlich Seeletten genannt wird. Er reicht bei Constanz auch am südlichen Ufer der Bucht bis über die Höhe des bekannten niedersten Wasserstandes, so dass also die Untiefen „im Altrhein" im Wesentlichen einfach als Erhöhungen des festen Seebodens anzusehen sind.

Von einer jüngeren oder noch stattfindenden Anschwemmung, wie sie die Bezeichnung Sandbank voraussetzt, könnte auch umsoweniger die Rede sein, als nicht zu denken ist, woher die Anschwemmung aus dem klaren und ruhigen See kommen sollte. Denn die Trübungen des Wassers, die bei Constanz während starker Ost- und Südostwinde bemerkt werden, dürfen

nicht als Ursache, sondern müssen als Folge des Vorhandenseins der der Wellenbewegung des See's exponirten Untiefen angesehen werden.

Jene obere Schicht der sogenannten Bänke aber ist eine Bildung eigenthümlicher Art. Sie besteht aus kleineren oder grösseren Kieseln, Muscheln oder Muschelpartikeln, kleinen Schilfrohr- oder Holzstückchen, alles einzeln umhüllt von einer mehr oder minder dicken Kalkablagerung. Die Kruste misst nicht selten das Drei- bis Vierfache des Kernes und zeigt sich dann beim Bruche als einzelne übereinander lagernde Schalen, ähnlich wie die Jahresringe des Holzes. Bei solchen Stücken ist die Kalkmasse porös, löst sich bei geringem Stosse ab und zerfällt leicht in getrocknetem Zustande. Einem grossen Schwamme im Ansehen ähnlich, finden sich einzelne Stücke von mehr als 20 cm Durchmesser, in deren Mitte dann gewöhnlich ein faustgrosser abgerundeter Stein. Auf den Bänken bei Constanz haben die Stücke sammt Umhüllung die Grösse einer Bohne bis zur Faustgrösse, und wechselt die Stärke der Umhüllung von wenigen Millimetern bis etwa 3 cm. Die jüngeren Krusten sind von den älteren deutlich daran zu erkennen, dass die ersteren porös, von schmutzig brauner Farbe, die letzteren aber von mehr compacter Structur, im Bruche weiss sind und nicht selten fest an dem Kern haften. Auf der Oberfläche und in den Poren der jungen Bildungen finden sich unter Wasser wachsende Moose (Jungermannia riparia, Lebermoos u. a.) und Algen — Euactis rivularis (Zenotrichia fluviatilis [Kützing]), E. calcivora und Epithenia otrantinii.[1] — Diesen einzelligen Algen wird nun die Kalktuffbildung, die sich ganz ebenso auch im Rhein zwischen Constanz und dem Untersee und an der Ausmündung des letzteren, sowie am Greifen- und Neuenburgersee vorfindet, zugeschrieben. Sie vegetiren, indem sie dem im Wasser des See's aufgelösten doppelkohlensauren Kalk ein Molekül Kohlensäure entziehen, worauf der einfach kohlensaure Kalk sich niederschlägt und die Alge selbst, die den Niederschlag bewirkte, umhüllt. Inzwischen hat aber diese sich getheilt, und der der Oberfläche näher liegende Theil fährt fort, Kalkniederschläge zu veranlassen. Die eingehüllten Zellen fallen der Verwesung anheim und verschwinden schliesslich spurlos aus der Kalkmasse. Diese Algen bedürfen zu ihrer Existenz beständiger Erneuerung kohlensäurehaltigen Wassers und werden daher auch nur da beobachtet, wo dieses eine gewisse Geschwindigkeit hat. Da sie aber auf der anderen Seite unter bewegten Geschieben

[1] Eine ähnliche Bildung ist es wohl, von der in einem Berichte über die Reisen der deutschen Kriegsflotte im Jahr 1877 bei der Beschreibung der naturwissenschaftlichen Erforschung des Rio-Negro-Gebietes, speziell der Ufer der Bai von San José, die Rede ist. Wir lesen dort (Beilage zur A. A. Zeitg. 1878, Nr. 46): „Endlich kamen noch zahlreiche rundliche, im Einzelnen wie aus lauter gestielten Beeren zusammengesetzte, weisse Knollen von Kalkstein in der Grösse von Kartoffeln bis zu der von Aepfeln zum Vorschein. Auf Durchschnitten zeigten sich dieselben als gleichmässig weisse, um einen kleinen Stein, eine Muschel, ein Holzstückchen gruppirte Kalkauflagerungen. Einzelne derselben zeigten einen röthlichgrauen, aus einer mikroscopischen Alge zusammengesetzten Ueberzug, wie er auch in der Magelhaensstrasse vielfach auf Muscheln und Gestein bemerkt wird."

nicht bestehen können, so werden sie vorzugsweise am Auslaufe solcher See'n beobachtet, deren Wasser verhältnissmässig viel kohlensauern Kalk enthält.[1]

So erklärt sich denn auch die am Rhein zwischen dem oberen und dem Untersee und am Unterseeausfluss deutlich wahrzunehmende Thatsache, dass diese Tuffbildungen regelmässig da nicht fehlen, wo das Wasser zu strömen beginnt oder die Geschwindigkeit an der Sohle ein Maximum erreicht, was beides an isolirten seichten Stellen, die von einer je nach dem Wasserstande mehr oder weniger dünnen Wasserschicht lebhaft überrieselt oder überfluthet werden, der Fall ist.[2] Es beruht daher gewissermassen auf einer Verkennung von Ursache und Wirkung, wenn solche rückenförmige Erhöhungen des See- beziehungsweise Rheinbettes als Geröll- und Sandbänke, von denen sie sich nach dem äusseren Ansehen ihrer Oberfläche allerdings kaum unterscheiden, betrachtet worden sind. Weil eben an solchen Stellen eine Erhöhung vorhanden, die dem strömenden Wasser einen Widerstand entgegensetzt, dasselbe local aufstaut und zu lebhafterem Abfliessen veranlasst, haben sich die rundlichen Steine hier gebildet.

Da nun aber diese Tuffbildung, an welcher auch noch Schalthiere, Cycladinen und Pisidien, Antheil, wenn auch mehr passiver Art, nehmen, unverkennbar unter unseren Augen fort und fort stattfindet, so wäre auch anzunehmen, dass die Untiefen, auf welchen sie sich ursprünglich angesetzt haben, aufgewachsen sind und noch aufwachsen zu Tuffbänken, die dem Abfluss des Wassers successive mehr und mehr Widerstand entgegensetzen. Dem ist nun aber nicht so; auch hier hat die Natur ein gewisses Gleichgewicht hergestellt und sorgt für dessen Erhaltung.

Wie schon oben erwähnt, halten die jüngeren und bei grösserer Dicke auch die älteren Tuffbildungen längere Zeit der Luft und namentlich dem Frost ausgesetzt nicht Stand. Ist nun die Bank während der Ueberfluthung des Sommerwassers in die Höhe gewachsen, so tritt sie, sobald ein sehr niederer Seestand eintritt, über das Wasser hervor. Tiefer Seestand stellt sich aber nur im Winter und um so niedriger ein, je länger strenge Kälte andauert. In solcher Zeit wird dann das Product der vegetabilischen und animalischen Thätigkeit des vergangenen Sommers wieder zerstört, die Tuffe zerbröckeln und zerfallen anfänglich in kleine Schalen, schliesslich in einen leicht zerreibbaren Grus, der dann bei der im Frühjahr wieder beginnenden Ueberfluthung durch die Strömung und vom Wellenschlag abgespült wird.

[1] Nach der Untersuchung eines Kalktuffexemplares vom Unterseeausfluss durch die Herren Professoren Cramer und Heim in Zürich und schriftlicher Mittheilung von Herrn Professor Culmann von da an den Verfasser. — Durch Euactis erzeugte Tuffsteinbildungen werden auch in den oberschwäbischen Süsswassersee'n, z. B. am Lindenweier bei Essendorf angetroffen. (Schriften des Bodensee-Vereins, 5. Heft, S. 87.)

[2] Ein dünner kalkartiger Ansatz findet sich auch im See selbst an einzelnen Steinen auf der sogenannten Wysse in solcher Tiefe, in welche noch bei starkem Wellenschlag die Bewegung des Wassers reicht, jedoch nicht mehr kräftig genug, um die Steine zu rollen. Auch diese Erscheinung bestätigt die obige Erklärung der Tuffbildung.

Zeuge hievon ist die im Früjahre bei beginnender Ueberrieselung der Bänke zuweilen bemerkbare milchweise Trübung des Wassers. So ist also dem Aufwachsen der Tuffbänke nach oben eine Grenze gezogen, wie sie in dem Erforderniss eines gewissen Doppel-Kohlensäuregehaltes des Wassers und einer gewissen Sohlengeschwindigkeit nach unten besteht.

Indess treten auch in diesem allgemeinen Process der Fortbildung und des Zerfalles der Tuffschicht Störungen und Abweichungen ein. Während die Ueberfluthung alljährlich unfehlbar stattfindet, bringt nicht jeder Winter einen derart niedrigen Seestand, dass die Bänke wasserfrei werden. Die Tuffbildungen erhalten dann allmälig einen höheren Grad von Widerstandsfähigkeit gegen die Wirkung von Luft und Frost. Ferner findet die Tuffbildung ersichtlich auch noch in einiger Tiefe unter dem niedersten Wasserstande statt. Hier, wo die zerstörende Wirkung durch die atmosphärische Luft ausgeschlossen ist, muss aber doch irgend ein anderes destructives Agens — wahrscheinlich Grundeisbildung — zeitweise thätig sein, denn die Tuffschicht besteht auch unter dem Niederwasserspiegel immer nur an der Oberfläche selbst aus einzelnen Stücken, sonst aus einem weichen Kalkgrus und zeigt sich meist nur als 20 bis 30 Centimeter starke Schicht; nur an einer später noch zu erwähnenden Stelle findet sich die grusartige Schicht bis auf 0,80 m Tiefe unter der Sohle.

Wenn demnach von einem allgemeinen und beständigen Aufwachsen der Bänke offenbar keine Rede sein kann, so ist doch nicht zu verkennen, dass durch die Kalktuffbildungen örtliche Erhöhungen der Sohle am Auslaufe des See's stattgefunden haben, wenn auch wohl in sehr ferner Zeit und nur in mässigen Grenzen. Auch besteht einige Wahrscheinlichkeit dafür, dass noch jetzt die Production an Kalkniederschlägen mit der Wiederzerstörung derselben nicht ganz gleichen Schritt halten mag.

Die Benennung der Bänke vor der Seeausmündung bei Constanz — „im Altrhein" — könnte allerdings auch zu der Ansicht verleiten, dass hier noch in geschichtlicher Zeit tiefes Wasser — der Rhein — gewesen. Die oben beschriebene Beschaffenheit derselben spricht aber ganz entschieden gegen solche Annahme. Auch ist zu beachten, dass, wenn die Erhöhung des Seebettes hier nicht vorhanden war, damit auch die Veranlassung für die Strömung des Wassers an dieser Stelle gefehlt hätte; der Seeausfluss hätte dann erst in dem geschlossenen Profile bei der jetzigen Rheinbrücke beginnen können und wäre also an Stelle der Bänke stilles Wasser und nicht Rhein gewesen. Wahrscheinlich ist immerhin, dass man den Platz „im Altrhein" genannt hat, weil man hier eine Versandung des ehemaligen Seeausflusses vor sich zu haben glaubte — hat man sich ja doch noch bis in die neueste Zeit über die Beschaffenheit dieser Untiefen wenig Sorge gemacht —; möglich aber auch, dass mit „Altrhein" hier von Anfang an nichts anderes bezeichnet werden sollte als der „seichte Rhein", eine Anwendung des Wortes, wie sie sich auch sonst in der Terminologie der Rheinanwohner findet.

Dass die Bänke vor Constanz in der Neuzeit sich wesentlich nicht verändert haben können, dafür spricht die Stellung des oben genannten sogen.

Frauenpfahles [1] und einiger anderer sehr alter Reste von Pfählen am östlichen Rande des Rinnsales zwischen Leuchtthurm und Rheinbrücke, welche Pfähle — wie noch heute ihre Bestimmung ist — augenscheinlich als Baaken zur Bezeichnung der Grenze des tiefen Fahrwassers schon vor mehreren hundert Jahren errichtet worden sind. —

Verfolgen wir nun den Seeabfluss weiter, so finden wir von der nördlichen Spitze der Dominicaner-Insel bei Constanz bis unterhalb Gottlieben in der Verbindung zwischen dem oberen See und dem Untersee alle Eigenschaften eines Flusslaufes ohne Geschiebeführung, mit fester Sohle und ebensolchen Ufern. Die Breite zwischen den Ufern beträgt, mit Ausnahme einer beckenförmigen Erweiterung bei der thurgauischen Grenze durchschnittlich etwas über 100 m. Das Ufergelände ist nur auf der rechten Seite zunächst Petershausen hochwasserfrei, sonst mehr oder weniger der Ueberschwemmung ausgesetzt. Indess ist das Flussbett bis zur gewöhnlichen Sommerhochwasserhöhe durchweg noch als geschlossen zu betrachten.

Kurz unterhalb Gottlieben tritt das rechtseitige Ufer weiter zurück, so dass hier gemeinhin der obere Anfang des Untersee's angenommen wird. Aber nicht mit Recht: in einem scharf ausgesprochenen tiefen Rinnsale von ziemlich unregelmässiger Richtung setzt der Rhein seinen Lauf, im Allgemeinen der Richtung des thurgauischen Ufers folgend, bis zu der Landzunge fort, auf welcher der niedrige Ortstheil von Ermatingen-Staad liegt. Erst von hier an ist eine Strömung des Wassers nicht mehr zu bemerken, hier erst beginnt das eigentliche Becken des Untersee's. Rechts des Rinnsales bis gegen die vom Festlande nach der Insel Reichenau führende Kunststrasse, in dem sogen. „Feld" verliert sich die Strömung allmählig. Die Sohle liegt durchschnittlich nur wenig unter dem niedersten Wasserstande und es treten bei kleinem Seestande flache Rücken auf grosse Erstreckung über Wasser. Hier finden sich denn auch — hauptsächlich wieder zunächst des Rinnsales des Rheins an Stellen zeitweiliger lebhafter Ueberströmung — die oben beschriebenen Kalkablagerungen, meist in bohnengrossen Stücken. Binsen und Schilf vermitteln den Uebergang von dem seichten Seeboden zu dem flachen Ufergelände, dem Wollmatinger Ried, das bei hohem Seestande zu grossem Theile noch von Wasser bedeckt wird.

Der Höhenunterschied der Wasserspiegel des oberen Bodensee's und des Untersee's ist erstmals im Jahr 1854 aus Anlass der in der Einleitung erwähnten Untersuchungen über die Abflussverhältnisse des Untersee's nivellitisch ermittelt worden. Bei der Wiederaufnahme dieser Untersuchungen, 1873, ergaben sich hinsichtlich der Genauigkeit jenes Nivellements einige Zweifel und wurde desshalb eine Controle der Strecke Constanz-Ermatingen mit Benützung der Ergebnisse des schweizerischen Präcisionsnivellements beschlossen [2] und neuerdings bewirkt, woraus sich das in Fig. 2, Blatt I dar-

[1] Der Pfahl oder, richtiger, die Pfahlgruppe hat den Namen von dem Umstande, dass im Mittelalter hier die Missethäterinnen, in einen Sack eingenäht, ertränkt wurden. Marmor, Geschichtl. Topographie von Constanz.

[2] Siehe Confer.-Prot. v. 1873, dritte Sitzung. Anlage II.

gestellte Gefälle der gedachten Strecke ergibt. Hiernach beträgt die Neigung des Wasserspiegels vom Hafen zu Constanz bis zu der Landungsstelle von Ermatingen 0,272 m. Sorgfältige Pegelbeobachtungen bei verschiedenen Wasserhöhen, bei Steigen und Fallen und bei Beharrungszuständen des See's ergaben wohl kleine Unterschiede des Gefälles, und zwar meist in zunehmendem Sinne, bis zu 3 cm, also immerhin zu wenig, als dass dieselben nicht auch auf Beobachtungsfehlern beruhen könnten. Namentlich aber für die mittleren und höheren Wasserstände, die für uns hier hauptsächlich von Interesse sind, wurden nur derart minime Differenzen gefunden, dass ohne Bedenken der Höhenunterschied der Wasserspiegel des oberen See's und des Untersee's constant zu 28 cm angenommen werden darf.[1] Bemerkenswerth ist aber doch, dass jene geringen Zunahmen des Gefälles in der Regel mit niederen und sehr hohen Wasserständen zusammentreffen, was andeutet, dass das Verhältniss zwischen Zu- und Abfluss des Untersee's bei diesen extremen Wasserständen gegenüber dem Zustande bei den mittleren und den gewöhnlichen Hochwasserständen eine kleine Aenderung erleidet.

Behufs Ermittelung der den Stromschlauch zwischen den beiden Seebecken passirenden Wassermenge sind erstmals 1856, dann 1862 Messungen in dem seiner regelmässigen Gestalt wegen hiezu ausnehmend geeigneten Profile unterhalb der Constanzer Rheinbrücke, beim sogenannten Pulverthurme, ausgeführt worden, indess damals nur bei mittleren Sommerwasserständen. Die Unsicherheit, auf Grund solcher weniger Messungsresultate durch Induction die Durchflussmengen für andere Wasserstände zu bestimmen und die Wichtigkeit, welche der möglichst verlässlichen Feststellung der Abflussmengen bei den verschiedenen Rhein- bezw. Seehöhen für die Kenntniss des Seeregimes zukommt, liess die Vornahme neuer vollständiger Messungen mit Anwendung bester Apparate angezeigt erscheinen. In den Jahren 1875 und 1876 mit grösster Sorgfalt und nicht geringem Kostenaufwande[2] ausgeführt, haben diese Messungen nicht allein ein für die Hydrometrie interessantes Material geliefert,[3] sondern es bildet das Resultat derselben eine sehr werthvolle, ja, wie wir sehen werden, die wichtigste Grundlage für die Vorarbeiten zur Regulirung der Hochwasserstände des Bodensee's. Es ist daher hier wohl am Platze, das Verfahren und die wesentlichen Resultate dieser Arbeit in gedrängter Kürze darzustellen.

[1] Wie sehr die Kenntniss der wichtigsten hydrographischen Verhältnisse des Bodensee's noch in der neueren Zeit im Argen lag, erhellt daraus, dass von Wild (Höhen vieler Orte und Berge des Grossherzogthums Baden, Freiburg i. Br. 1831) der Höhenunterschied der Seespiegel bei Constanz und bei Radolfzell zu 48 Fuss (14,4 m) angegeben wird und diese Angabe in die um 1840 in Constanz erschienene und seiner Zeit viel verbreitete und benützte Schedler'sche Bodenseekarte Aufnahme gefunden hat.

[2] Die von der Grossh. badischen Regierung bestrittenen Kosten beliefen sich auf rot. 4000 Mark. Die Messungen geschahen unter Leitung der Grossh. Wasser- und Strassenbau-Inspection Constanz durch Ingenieur Baum.

[3] Die Vervielfältigung und Publication desselben ist beabsichtigt.

Die Messungsstelle ist in Blatt III, Fig. 1 mit einer punctirten Linie angedeutet, das Querprofil aus Blatt V, Fig. 1 zu entnehmen. Die Messungen geschahen mittels eines von J. Amsler-Laffon in Schaffhausen bezogenen hydrometrischen Flügels [1] mit jenem electrischen Signalapparat, wie er in der Neuzeit fast bei allen mit grosser Präcision ausgeführten Strommessungen Anwendung gefunden hat. [2] Die grosse Tiefe, bis zu 12 m, in welcher noch Messungen mit dem Flügel vorzunehmen waren, machten eine besondere Vorrichtung zur Leitung und Feststellung des Instrumentes nothwendig. Dieselbe bestand im Wesentlichen in einem Gestänge aus ⊥-Eisen, das von einem auf zwei gekuppelten Schiffen etablirten Rüstboden aus mittels eines Zahnradgetriebes bis auf die Flusssohle in verticaler Stellung herabgelassen wurde. An diesem konnte der Flügel gleitend ab- und aufwärts bewegt und in jeder beliebigen Tiefe festgestellt werden. Dabei wurde sorgfältig darauf Bedacht genommen, dass die Achse des Flügels stets genau normal auf der Fläche des Querprofils stund, dessen Durchflussmenge gemessen werden sollte.[3] In 20 äquidistanten Verticalen und in Tiefenabständen von 0,50 m wurden nun die Umdrehungszeiten des Flügels beobachtet und hiernach und auf Grund der zuvor durch Bewegung des Apparates im stehenden Wasser mit verschiedenen Geschwindigkeiten sorgfältigst bestimmten Constanten des Flügels die Durchflussgeschwindigkeit für das betreffende Feld und demnächst die durchfliessende Wassermasse durch Multiplication der Fläche des letzteren mit der gemessenen Geschwindigkeit ermittelt. Die Addition der so erhaltenen Wasserprismen ergab sodann die bei dem während der Operation stattgehabten Rheinstande durchgeflossene Wassermasse.

Die Messungen wurden bei Beharrungswasserständen und nur bei möglichst windstillem Wetter vorgenommen und zwar vollständig in sämmtlichen Verticalen bei niederem Seestande im Frühjahr 1875 und wiederholt im Winter 1875/6, bei höherem Wasserstande im Sommer 1875 und endlich während des

[1] Das Instrument ist in der von J. Amsler-Laffon herausgegebenen Brochüre: „Der hydrometrische Flügel mit Zählwerk und electr. Zeichengebung,“ Schaffhausen 1877, beschrieben.

[2] So z. B. bei den von dem Königl. niederländischen Waterstaat in grossem Style unternommenen Geschwindigkeitsmessungen in den dortigen Flüssen.

[3] Bei freiem Spiel des mit Ruder versehenen Flügels stellt sich dessen Achse stets in die Richtung der grössten Geschwindigkeit ein und gibt dann das Product von Profilfläche und gemessener Geschwindigkeit die gesuchte Wassermasse nur für den Fall richtig, wenn die Stromfäden sich parallel und normal zur Profilfläche bewegen. Fällt die Stromrichtung — wie mehr oder minder immer der Fall — schief gegen das Profil, beziehungsweise ein Feld desselben, so wäre in das die Durchflussmenge darstellende Product nicht die gemessene Geschwindigkeit selbst, sondern deren auf das Profil senkrechte Componente einzuführen, also jene mit dem Cosinus des Winkels zu multipliciren, welche die Normale auf das Profil mit dem Stromstrich bildet. Die Messung dieses Winkels ist aber in der Praxis nicht ausführbar und muss desshalb, um — wenigstens annähernd richtig — unmittelbar die Componente der Geschwindigkeit zu erhalten, die Flügelachse in normaler Richtung auf die Profilfläche festgestellt und während der Operation festgehalten werden. — Vergl. auch Harlacher, Beiträge zur Hydrographie von Böhmen, 1. Lieferung, 1872, S. 16.

ausserordentlich hohen Seestandes im Juni 1876. An mehreren Verticalen wurden die Messungen aber noch bei einer grösseren Anzahl zwischenliegender Wasserstände wiederholt, um hieraus das Gesetz der Aenderungen der Geschwindigkeit bei zu- resp. abnehmender Wasserhöhe zu ermitteln. Mit Hülfe der hiedurch erhaltenen Relationen sind dann die Durchflussmengen für die verschiedenen Wasserstände berechnet worden. Schliesslich vorgenommene Messungen mit Stab- und mit Flaschenschwimmern lieferten ein mit dem der Flügelmessungen ziemlich genau übereinstimmendes Resultat.

Blatt V enthält die graphische Darstellung der gemessenen Geschwindigkeiten einiger Verticalen (Fig. $6-6^{d}$), sodann die Oberflächengeschwindigkeiten und die Isotachen (Curven gleicher Geschwindigkeit) für zwei verschiedene Wasserstände (Fig. 1 u. 1^{a}) und als Ergebniss der sämmtlichen Operationen die Wassermassencurve (Fig. 2), bezogen auf den Localpegel bei der Messungsstelle (Rheinthorthurm) und auf den Constanzer Hafenpegel.

Diese letztere Curve wurde erhalten, indem an die Pegelscala als Abscissenachse die aus den vollständig durchgeführten Messungen berechneten Durchflussmengen für die betreffenden Wasserstände, annähernd entsprechend den Pegelhöhen 11,6 und 2 Fuss, als Ordinaten angetragen und sodann auf Grund der erwähnten, für einzelne Verticalen gleichfalls experimentell ermittelten Variationen der Durchflussgeschwindigkeiten bei wechselnden Wasserständen die den zwischenliegenden Pegelhöhen entsprechenden Durchflussmengen berechnet wurden. Für die Verlängerung der Curve von dem 11. Fuss der Pegelscala an abwärts lagen Messungsresultate nicht vor; die Durchflussmassen, welche die Curve für diese niedrigsten Wasserstände angibt, sind daher nicht verlässlich. Es betrifft diess aber auch diejenigen Seehöhen, bezüglich deren die genaue Kenntniss der Abflussmengen, für unseren speciellen Zweck wenigstens, nicht von Belang ist.

Die Relation zwischen dem Localpegel bei der Messungsstelle — Rheinthorthurmpegel — und dem Hauptpegel im Constanzer Hafen konnte als constant und zwar der Nullpunkt des letzteren um relativ 0,2103 m tiefer angenommen werden, nachdem eine Reihe sorgfältiger Simultanbeobachtungen der Wasserstände an beiden Pegeln bei verschiedenen Seehöhen und bei steigendem, bei beharrendem und bei fallendem Wasser bestimmte Schwankungen in jener Relation nicht erkennen liessen. Nur für die sehr niedrigen und ausserordentlich hohen Wasserstände war aus den Pegelbüchern mit einiger Sicherheit eine Abweichung in dem Parallelismus der Wasserspiegelbewegungen an beiden Pegeln zu constatiren und zwar in beiden Fällen wieder im Sinne einer Zunahme der Differenz, woraus zu schliessen, was auch in den örtlichen Verhältnissen genugsam Erklärung findet, dass die Seeausmündung bei Constanz bei den extremen Wasserständen den Abfluss verhältnissmässig etwas mehr beschränkt, als bei den gewöhnlichen niederen, den mittleren und den nicht ausserordentlich hohen Seeständen.

Für die mittleren Wasserstände von der Geraden wenig abweichend, nähert sich die Wassermassencurve nach unten assymptotisch der Abscissenachse, während sie nach oben sich etwas rascher von derselben entfernt. Sie

ergibt, auf den Constanzer Hafenpegel bezogen, folgende Durchflussmengen pro Secunde:

beim absolut niedrigsten Wasserstand		13′ a. Sc.	= 2,10 m n. Sc.	—	20 cbm (?),
„ Durchschnitt d. nied. Wasserstände	nach Fig. 2, Blatt IV	11,6′ „ „	= 2,52 m „ „	—	57 cbm,
„ Durchschnitt d. Jahreswasserstände		8,8′ „ „	= 3,36 m „ „	—	278 cbm,
„ Durchschnitt d. höchsten Wasserstände		4,6′ „ „	= 4,62 m „ „	—	662 cbm,
„ höchsten Wasserstand vom Juni 1876		1,3′ „ „	= 5,61 m „ „	—	1000 cbm,
„ höchsten bekannten Wasserstand (von 1817)		0 „ „	= 6,00 m „ „	—	1176 cbm (?) [1].

Für die mittleren Wasserstände betragen die Unterschiede der secundlichen Durchflussmengen für je 1 Fuss = 0,30 m Schwankung am Pegel durchschnittlich rot. 90 cbm.

Wie sehr nun das Ergebniss der vollständigen directen Messung unter den hier vorliegenden, allerdings ganz eigenartigen Stromverhältnissen von jenen Resultaten abweicht, welche man auf dem Wege der Berechnung mit Anwendung der bekannten Formeln für die Geschwindigkeit des in Flüssen und Canälen bewegten Wassers als mittlere Durchflussgeschwindigkeit für die verschiedenen Wasserstände erhalten haben würde, ist in der Fig. 4, Blatt V veranschaulicht.

Nr. 1 ist die aus unseren Messungen construirte Curve der mittleren Durchflussgeschwindigkeit,

Nr. 2 nach Eytelwein $v = 50{,}9 \sqrt{RI}$,

Nr. 3 nach Eytelweins Formel mit den Prony'schen Coëfficienten

$$v = -\frac{A}{2B} \pm \frac{1}{2B}\sqrt{A^2 + BIR},$$

worin $A = 0{,}00004445$, $B = 0{,}00030931$ zu setzen,

Nr. 4 nach Prony's Formel $v = \sqrt{(\alpha + \beta RI)} - \gamma$

mit $\alpha = 0{,}05161$, $\beta = 3228{,}71$, $\gamma = 0{,}07184$,

Nr. 5 nach Gaukler $\sqrt[4]{v} = \beta \sqrt[3]{R} \sqrt[4]{I}$,

Nr. 6 nach Ganguillet und Kutter $v = \dfrac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{I}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}\sqrt{RI}$,

Nr. 7 nach Hagen $v = c\sqrt{R}\sqrt[6]{I}$,

Nr. 8 nach Humphreys und Abbot $v = c\sqrt{r}\sqrt[4]{I}$,

Nr. 9 nach Darcy und Bazin $v = R\sqrt{\dfrac{I}{\alpha R + \beta}}$ construirt.

[1] 1817 konnte die Abflussmasse aber diesen Betrag nicht erreicht haben, weil die Seehöhe damals unter der Einwirkung eines von dem heutigen verschiedenen, und zwar engeren Abflussprofile stund.

Für die Formeln Nr. 5, 6 und 7 wurden behufs Construction der Curve die Werthe der Constanten für den 5. Fuss Pegel aus dem durch die Messung ermittelten v bestimmt, daher diese Curven sich alle in dem Punkte a der Curve Nr. 1 schneiden; für die Formeln Nr. 8 und Nr. 9 sind die Constanten für einzelne Punkte der Curve aus dem nach Nr. 1 bekannten v berechnet.

In Fig. 3 ist auch noch die Curve der Wassermengen, wie sie seither auf Grund der Messungen von 1862/63 angenommen worden, und jener, wie sie in den Bulletins der schweizerischen hydrometrischen Commission angegeben sind, eingezeichnet. Dabei ist bemerkenswerth, dass die erstgenannte Curve unsere durch sehr vollständige Messungen bei verschiedenen Wasserständen erhaltene Wassermassencurve in jener Pegelhöhe schneidet, die annähernd dem Wasserstande entspricht, bei welchem 1862/63 gemessen worden ist. Soweit also beide Curven auf wirklichen Messungen beruhen, weichen sie nur wenig von einander ab, viel aber da, wo die ältere Curve lediglich inductiv gebildet worden ist.[1]

Fig. 1 und 1ª, Blatt V, lassen in den Isotachen die Vertheilung der Durchflussgeschwindigkeiten auf die Profilfläche erkennen, und zwar für die beim 6. und 11. Fuss am Rheinthorthurmpegel durchgeführten Messungen. In der auffallenden Abnahme der Geschwindigkeit auf der linken Seite des Profils in Fig. 2ª erkennen wir die Wirkung davon, dass bei niederem Seestande die Barren oberhalb des Seeausflusses zur Wirkung kommen und der Abfluss hauptsächlich durch das Rinnsal entlang der Seefront der Stadt geschieht, wobei in Folge der fast rechtwinkligen Richtung dieses Rinnsales auf die Achse des Rheines die Strömung von der nordöstlichen Ecke der Dominicaner-Insel gegen das rechtseitige Ufer abgelenkt wird. Mit der kräftigeren Ueberfluthung der Barren bei höheren Wasserständen gewinnt die in die Verlängerung der Achse des Rheins fallende Richtung dieser Ueberströmung die Oberhand, und es erfolgt der Abfluss schon bei der Rheinbrücke in ziemlich gleichmässiger Vertheilung auf die ganze Breite des Profiles.

In Fig. 3 sind endlich in Form eines Diagrammes die Werthe dargestellt für:

a Fläche des Querprofiles,
p benetzter Umfang,
R mittlerer Radius $= \frac{a}{p}$,
v mittlere Geschwindigkeit,
I relatives Gefälle,

welch' letzteres durch wiederholte sorgsame Operationen für verschiedene Wasserstände ermittelt worden ist.

Es wurde auch versucht, aus diesen nun bekannten Werthen eine auf

[1] Man darf hieraus wohl allgemein folgern, dass die experimentelle Ermittlung der Wassermengen, wenn sie nur auf wirklichen, gewissenhaft durchgeführtèn Messungen beruht, immer, auch bei minder vollkommener Operation, ungleich mehr Vertrauen verdient, als jede rechnungsmässige Bestimmung.

den vorliegenden Fall zutreffende Geschwindigkeitsformel zu bilden, und zwar mit Benützung der Grundformel $v = c\sqrt{RI}$. Der Coëfficient war nach den durch die Messung bekannten Geschwindigkeiten für die verschiedenen Wasserhöhen zu berechnen. Die erhalteneu Werthe sind in Fig. 3ª als Ordinaten zu dem correspondirenden R als Abscisse aufgetragen, woraus sich eine parabelähnliche Curve ergab, die sich mit abnehmendem R der Abscissenachse nähert und deren Scheitel bei R = 6,144 in dieser Achse — zugleich Parabelachse — liegt. Demnach lautet hier die Gleichung der Parabel

$$c^2 = k\ (R - 6{,}144) \qquad (1)$$

Für k, berechnet aus den bekannten c und R für verschiedene Wasserstände, findet sich als Mittelwerth 1544,9, woraus

$$c = 39{,}305\sqrt{(R - 6{,}144)} \qquad (2)$$

und durch Einsetzen in die Grundformel:

$$v = 39{,}305\sqrt{(R - 6{,}144)\,RI} \qquad (3)$$

Die Berechnung der Geschwindigkeit nach dieser Formel ergibt die in Fig. 4 mit Nr. 10 bezeichnete Linie,[1] die von der durch Auftragen der Messungsresultate erhaltenen Curve der mittleren Geschwindigkeiten nur sehr geringe Abweichungen zeigt, namentlich für die mittleren Wasserstände, so dass die nach der Formel 3 ausgerechneten Werthe für v immer noch als richtig passiren dürften. —

Haben nun hier, an dem Ausflusse des oberen See's, in der That solche Veränderungen im Laufe der Zeit stattgefunden, die auf die Höhenlage des Seeniveau's oder dessen Bewegungen einen Einfluss äussern konnten?

Wie es sich mit den vermeintlichen Sandbänken oberhalb Constanz verhält, dass diese kaum jünger sein können, als die heutige Gestaltung des Bodensee's, jedenfalls aber seit Jahrhunderten sich wesentlich gleich geblieben, ist schon gezeigt worden; ebenso, dass Bucelin's Erzählung von der Entdeckuug einer hoch verschütteten Brücke an der Stelle des Kreuzlinger Thores und der daraus gezogene Schluss, dass ehemals ein Arm des Rheines auf der Südseite der Stadt Constanz bestanden habe, keinen Glauben verdient. Wohl hat zu Zeiten ein gewisser Abfluss des See's an dieser Seite der Stadt, wie auch auf der Nordseite der jetzigen Vorstadt Petershausen stattgefunden, nämlich durch die äusseren Wallgräben der Befestigungswerke. Die Dimensionen dieser Gräben, namentlich deren Tiefe, waren aber nicht gross genug, ihr Zickzacklauf nach den ein- und ausspringenden Winkeln der Erdwerke, verengt durch Brücken und Gatter, für die Bewegung des fliessenden Wassers allzu ungünstig, als dass ihre Mitwirkung an dem Abfluss des See's je von

[1] Der Knick, den diese wie auch die übrigen aus der Rechnung construirten Curven bei Pegel 9 Fuss zeigen, findet in der Form des Querprofiles seine Erklärung. Bis auf die gedachte Wasserhöhe steigt die Flusssohle gegen das Ufer sanft an, während über 9 Fuss Pegel rechts eine steile Böschung, links eine senkrechte Mauer das Profil begrenzen; von hier an ändern sich also p und mit ihm R und v nach einem anderen Gesetze, als bei den niedrigeren Wasserständen.

so namhaftem Belang gewesen sein kann, wie hin und wieder angenommen worden ist.[1]

In der Flussstrecke von Constanz abwärts bis zum Untersee ist auch nichts zu entdecken, was auf eine nennenswerthe Veränderung der Abflussverhältnisse hindeutete. Eine um die Mitte des 13. Jahrhunderts bei Gottlieben errichtete Rheinbrücke hat nur ganz kurze Zeit bestanden[2] und die sogenannten Fache, aus Flechtwerk leicht construirte Fischwehre, waren am Rhein zwischen Constanz und Ermatingen schon vor Jahrhunderten vorhanden. Ihre Beschaffenheit und ihre Stellung sind auch nicht derart, dass sie auf den Abfluss des Wassers eine erhebliche Wirkung äussern könnten.

Die Aenderungen, die hier in Frage kommen, betreffen lediglich nur das Abflussprofil bei Constanz selbst, in der nächsten Umgebung der jetzigen Rheinbrücke, und zwar handelt es sich hierbei wieder um die Wirkung von Artefacten, wie wir auch bei der Untersuchung der Zuflussverhältnisse des See's in der Correction und Regulirung der Flüsse, in der Entwaldung, Inculturnahme und Meliorationen des Sammelgebietes, also nur in künstlichen Veränderungen solche Thatsachen erkannt haben, die auf das Regime des See's belangreich einwirken konnten und können.

Die erste hölzerne Brücke über den Rhein bei Constanz wurde im Jahr 938 erbaut[3]; es wird angenommen, dass sie unterhalb der Stadt, etwa 1 Kilometer von der jetzigen Brückenstelle entfernt, gestanden habe. Nach dem Alter des heute noch vorhandenen Rheinthorthurmes zu schliessen, muss aber der feste Uebergang spätestens im Anfang des 13. Jahrhunderts hierher verlegt worden sein. Ungefähr zur gleichen Zeit hat auch schon eine Mühle im Rhein oberhalb der Brücke bestanden. 1430 ward, mit der Brücke verbunden, eine Mühle erbaut, 1520 die „Neue Walke" oberhalb der Rheinbrücke erstellt. Letztere stand mitten im Rhein, etwa gegenüber der nordöstlichen Ecke der Dominicaner-Insel und hatte zwei Streichwehre, wie aus der in der Schweizerchronik von Stumpff enthaltenen Abbildung von Constanz zu ersehen. Wie lange sie bestanden hat, ist genau nicht bekannt.[4] Nachdem die Rheinbrücke und Rheinmühle im Jahr 1542 wegen Baufälligkeit und unzweckmässiger Anlage der Mühlwerke ganz abgebrochen und wieder neu aufgebaut worden, ward sie 1548 nach dem Sturm der Spanier auf die Stadt von diesen angezündet und verbrannte bis auf die damals schon vorhandenen steinernen Bogen.[5] „Seyd häro," erzählt Stumpff, „haben die Constanzer mit grossen kosten ein zierliche vnd der Statt sehr kommliche Mülli, Schleiff vnd Walke

[1] Vergl. Actensammlung von St. Gallen, 1. Heft, 1848. Bericht des Ingenieur-Oberst Pestalozzi, S. 146 und 147.

[2] Stumpff, Schweiz. Chronik, V. Buch, XIII. Cap.

[3] Stumpff, a. a. O.

[4] Nach Marmor's geschichtlicher Topographie der Stadt Constanz, S. 22 u. ff., wäre das oberhalb der Rheinbrücke freistehende Mühlwerk im Jahr 1518 abgebrochen worden. „Fast scheint es," bemerkt Marmor, „als ob dies Kloster (Petershausen) zwei Mühlen oberhalb der Rheinbrücke gehabt habe."

[5] Georg Vögeli (Issel), der Constanzer Sturm, Bellevue 1846.

gebauwen." Bei diesem Bau erst scheinen die Mühlen mit der Brücke selbst zusammenhängend erstellt worden zu sein. Noch wiederholt wurden Brücke und Mühlen in der Folge durch Feuer zerstört und stets wieder aufgebaut, bis sie das gleiche Schicksal im Jahre 1856 erreichte.

Es war ein bedeutendes Bauwerk, das bei jenem Brande zu Grunde gegangen. Die Brücke, auf die ganze Länge gedeckt, war äusserst solide construirt; das an dieselbe auf der Westseite angebaute Mühlwerk enthielt 13 Mahlgänge, eine Stammholzsäge, Schleifmühle, Lohschneide und ein Walkwerk. Die Wellbäume der mächtigen Wasserräder waren zum Heben und Senken eingerichtet. Der Wasserbau der Mühle bestand aus zwei nahezu 100 m langen aus Pfahlwerk und Steinpackung construirten Streichwehren, aus festen Verwandungen zwischen den Brückenjochen und gewaltigen Ziehschützen, hier Fallen genannt, welche mittels Ketten und Sattelwellen von der Brücke aus bewegt wurden.[1] Die Situation der Anlage ist in der Fig. 1 Blatt 3 durch punktirte Linien angedeutet. Das linkseitige Streichwehr lag mit seiner Krone auf 10 bis 9 Fuss, das rechtseitige auf 8 Fuss am Pegel: letzteres war an seinem oberen Ende bogenförmig an das Ufer angeschlossen.

Fig. 2 Blatt II lässt das Querprofil unter der Brücke erkennen. Von der Fläche des Durchflussprofils, das beim höchsten bekannten Wasserstande 804 qm mass, waren etwa 150 qm durch feste Einbauten versperrt und konnten durch die beweglichen Fallen weitere 133 qm abgeschlossen werden. Letztere sollten nur bei den kleineren Wasserständen versenkt werden, doch wurden sie in der Regel auch bei den höheren Wasserständen in der Tiefe belassen, bis der See eine schadenbringende Höhe erreicht hatte.

Dass die durch eine derartige Verbauung und theilweisen Verschluss des Rheinprofiles bei Constanz erzeugte, für den Mühlbetrieb erforderliche Aufstauung des Wassers nicht allein auf den Seespiegel sich ausdehnen, sondern dass auch dadurch der Abfluss des See's gehemmt und so die Anschwellungen desselben gesteigert werden mussten, leuchtet ohne weiteres ein. Konnte doch durch plötzliches Ablassen oder Ziehen der beweglichen Schützen eine Erhebung resp. Senkung des Seespiegels bis zu 0,30 m innerhalb 24 Stunden verursacht werden. Kein Wunder also, wenn der Bestand der alten Rheinbrücke nnd mehr noch der Rheinmühle bei Constanz schon lange der Gegenstand des Aergernisses und der Klage bei den Anwohnern des oberen Bodensee's war und deren Abänderung oder Entfernung namentlich von dem Zeitpunkte an betrieben wurde, als man die Zustände im unteren St. Gallischen Rheinthale sich fortwährend verschlimmern sah und ein Mittel zur Abhülfe auch in solchen Massregeln erkannte, welche auf eine Senkung der Hochwasserstände des Bodensee's abzielten.

In der Einleitung ist schon der in diesem Sinne seit 1847 geschehenen Anregungen und auch der Lösung Erwähnung geschehen, welche diese wich-

[1] Eine Beschreibung von Brücke und Mühlen findet sich in Bernoulli, Reisen 1781.

tige Angelegenheit durch den Brückenbrand und die darauf folgenden Verhandlungen zwischen den betheiligten Uferstaaten gefunden hat.

Sofort nach dem Brande der Brücke war mit der Abräumung der Trümmer begonnen worden; die Arbeiten wurden im Winter 1856—1857 kräftig fortgesetzt und dann auch die Reste des Wasserbaues der Mühle entfernt. Die bis auf den Wasserspiegel abgebrannten Brückenjoche mussten noch als Unterbau für eine provisorische Brücke dienen, die während der Dauer des Baues der neuen Blechbogenbrücke, nächst oberhalb des alten Uebergangs, den Verkehr zwischen beiden Ufern vermittelte. Im Jahr 1863 war die neue Brücke mit 3 je 40m weiten Oeffnungen fertig und kam jetzt erst nach Entfernung der Gerüstwerke und der Nothbrücke das inzwischen durch Ausbaggerungen im Bereiche der früheren Wehrbauten hergestellte regelmässige Abflussprofil zur Wirkung (vgl. Blatt II. Fig. 2 a).

Worin besteht nun der Effect dieser Umgestaltung des Seeausflusses bei Constanz? In der Constanzer Conferenz vom August 1857 ist, dem Abschlusse der in der Anlage I enthaltenen Vereinbarung vorausgehend, die Frage über die Wirkung der Beseitigung der Stauhindernisse bei Constanz auf den Seespiegel, speciell auf dessen höhere Wasserstände von den technischen Commissären eingehend behandelt und das Ergebniss dieser Erörterungen in einer besonderen Beilage dem Conferenzprotokoll angeschlossen worden. Dabei wurde in der Hauptsache von denselben Gesichtspunkten ausgegangen, waren dieselben Bedenken und Einwürfe zu widerlegen, wie jetzt bei der Frage betreffs der Correction des Unterseeausflusses. Die technischen Commissäre haben dort die Ueberzeugung ausgesprochen und nachzuweisen gesucht, dass das als Folge der Wegräumung der Abflusshindernisse zu erwartende Mass der Senkung des See's 3 Fuss und mehr betragen möge. Schon bald nacher glaubte man das Mass der Senkung aus dem thatsächlichen Verhalten der Wasserstände des See's constatiren zu dürfen. So bemerkt Oberingenieur Hartmann in einer Abhandlung vom Jahr 1859,[1] dass die erwarteten Folgen der Erweiterung des Seeausflusses nicht ausgeblieben seien, vielmehr sei jetzt schon der grosse Zweck derselben beinahe vollkommen erreicht. Denn aus der Vergleichung der Resultate der früheren und der neueren Pegelbeobachtungen ergebe sich, dass der Hochwasserstand des See's um 4 Fuss, der mittlere Seestand um 1,48 Fuss, der niedere Stand um 7 Zoll bleibend gesenkt seien. Aehnlich befriedigt sprechen sich die Ingenieure Pressel und Fraisse 1861[2] über den erreichten Erfolg aus: „Es ergibt sich, „dass seit Wegräumung der Stauwerke bei Constanz die Hochwasser sich „trotzdem, dass man ungünstige Jahre hatte, 3—3½ Fuss (circa 1 m) unter „dem Niveau derjenigen der vorhergehenden Jahre gehalten habe und es ist

[1] Memoriale über die Rheincorrection etc. Actensammlung von St. Gallen, 5. Heft, S. 20.

[2] Expertenbericht über den von der Regierung des Cantons St. Gallen vorgelegten Entwurf über die Rheincorrection. Schweizerisches Bundesblatt 1862, Band 1, S. 252.

„augenscheinlich, dass der Erfolg noch bedeutender sein wird, sobald der „gegenwärtig noch stehende Theil des Dammes, sowie das alte Brücken- und „das für den Neubau erstellte Pfahlwerk beseitigt sein werden. Alle diese „Stauanlagen werden nächstens geräumt und in Folge davon ist eine weitere „Senkung des Hochwasserstandes von 25 bis 30cm. zu erwarten.“

Entgegen diesen günstigen Beurtheilungen, deren Berechtigung aus der Vergleichung der Pegelstände weniger Jahre allerdings bezweifelt werden durfte, sah sich Linthingenieur Legler veranlasst, die Möglichkeit einer solchen Senkung der Seewasserstände überhaupt zu bestreiten. Der Rückstau vom Untersee, führt Legler in einer 1862 erschienenen Brochüre[1] aus, lasse die Erweiterung des Constanzer Abflussprofiles nicht zur Wirkung kommen, der Effect derselben könne vielmehr nur in einer Verminderung des vordem hier vorhandenen lokalen Aufstaues und damit einer bleibenden Senkung des Spiegels des oberen See's bestehen, die dann aber nur 0,272 Fuss betrage. Diesen Anschauungen traten Ingenieur Oberst Fraisse, Baurath Gerwig und Oberingenieur Hartmann in separaten Abhandlungen[2] entgegen, in denen sie, im Wesentlichen übereinstimmend, ausführten, dass es sich bei der in Frage stehenden Aenderung des Seeabflusses überhaupt nicht oder doch keineswegs vorwiegend um eine einmalige constante Senkung des Seeniveau's, sondern in der Hauptsache um einen veränderten Vorgang des Seeabflusses handle in der Weise, dass in Folge des erleichterten Abflusses bei jedem neuen Ansteigen des See's von Tag zu Tag relativ weniger Wasser im See zurückbleibe als vordem und dass in Folge dessen die Ansteigungen geringere sein müssten, ein Raisonnement, auf welches wir unten zurückkommen werden. Fraisse und Hartmann hielten dabei an den von ihnen angegebenen Massen der Senkung der Seestände fest und Gerwig kam nach Vergleichung der neueren mit den früheren Wasserständen zu dem Schlusse, dass die Minderansteigung des See's zum wenigsten 2,5 Fuss, wahrscheinlich 3,5 Fuss betrage. Zugegeben wurde, dass durch den rascheren Zufluss vom oberen See nach dem Untersee dieser allerdings sich etwas heben musste, aber auch darauf hingewiesen, dass dadurch das Abflussprofil der Unterseeausmündung ein grösseres geworden und in Folge dessen auch hier wieder ein Mehrabfluss stattfinde. Und da dieser Vorgang auf die ganze Periode des Ansteigens des See's zutreffe, so müsse auch der Untersee an der Senkung der Wasserstände des Obersee's theilgenommen haben resp. alljährlich wieder theilnehmen und könne demnach nur in sehr bedingter Weise eine Rückstauwirkung Seitens des Untersee's gegen den oberen See in Frage kommen. Keineswegs aber sei solche — wie von Legler geschehen — einfach aus dem Höhenunter-

[1] Denkschrift über die Abflussverhältnisse des Bodensee's von Constanz bis Stein. Glarus 1862.

[2] Observations sur le mémoire de M. l'ingénieur Legler concernant l'écoulement du lac de Constance. Lausanne, Juillet 1862. — Die Abflussverhältnisse des Bodensee's von Constanz bis Stein. Carlsruhe 1862. — Beleuchtung einer jüngst erschienenen Denkschrift über die Abflussverhältnisse des Bodensee's etc. St. Gallen, Juli 1862.

schiede der Wasserspiegel beider See'n abzuleiten und zu bemessen in der Annahme, dass durch die nicht veränderte Unterseeausmündung keine grössere Wassermenge als früher abgeführt werden könne. In Gerwig's klarem und sachlich gehaltenen Exposé ist denn auch der Nachweis erbracht, dass keineswegs eine Abnahme der Stromgeschwindigkeit des Rheines von Constanz abwärts, wohl aber das Gegentheil eingetreten ist. Zur Bestätigung hiefür sind dort die Aussagen einer Anzahl von Schiffleuten und Flössern angeführt, welche alle die Thatsache einer 'stärkeren Strömung des Rheines zwischen dem oberen See und dem Untersee erhärten. Ebenso wurde auch constatirt, dass seit der Entfernung der Constanzer Stauwerke der Untersee fast gleichzeitig mit dem oberen See steigt und fällt. Die Polemik hatte damit ihren Abschluss gefunden, und blieb man, namentlich im unteren St. Gallischen Rheinthale, wo die grossen Wasserhöhen des See's ängstlich verfolgt wurden, von der günstigen Wirkung der Entfernung der Constanzer Stauwerke überzeugt.

Als dann die Studien über eine weitere Regulirung der Hochwasserstände des Bodensee's aufgenommen wurden, lag es wohl nahe, den Vorgang der Erweiterung des Constanzer Ausflussprofiles nach seinem thatsächlichen Effecte nochmals zu untersuchen und es ist, wie aus den Protokollen der zu Constanz im März 1873 abgehaltenen Conferenz, Anlage II, zu ersehen, diese Frage denn auch eingehend erörtert worden und zwar sowohl an Hand der inzwischen weiter erwachsenen Wasserstandsstatistik [1] als durch Erkundigungen bei den Unterseeanwohnern.

Die comparativen Berechnungen aus den Wasserständen vor und nach dem Brückenbrande (bis 1873) lieferten folgendes Ergebniss: In den dem Brückenbrande vorangegangenen 13 Jahren hat der Durchschnitt der Monatsmittel der Sommerwasserstände 4,8 Fuss,[2] in den folgenden 15 Jahren nur 5,7 Fuss, also 11 Zoll = 33 Centimeter weniger betragen. In denselben Perioden übersteigen die Monatsmittel der Sommerhochwasser vor dem Brückenbrande 4 mal den vierten und 15 mal den fünften, nach dem Brande nur 1 mal den vierten und nur 6 mal den fünften Fuss des Pegels.

Was die höchsten Tageswasserstände anbelangt, so ergab eine Zusammenstellung aus den Pegeltabellen von je 7 Jahren vor und nach dem Brückenbrande, dass der Wasserstand in den ersteren an 151 Tagen über Pegel 4 und an 4 Tagen über Pegel 2,25, in den letzteren an nur 42 Tagen über Pegel 4 bei einem einmaligen Maximum von Pegel 3,1, sich erhoben hat.

Man könnte nun einwenden, dass die in entsprechender Zeit in den See gelangte Wassermasse in den gedachten Jahren vor 1856 erheblich grösser als in den späteren Jahren gewesen sei. Dem entgegen wurde darauf hin-

[1] Die in dem Protokolle der zweiten Sitzung (26. März 1873) als Beilagen erwähnten Tabellen sind — weil allzu umfangreich — in der Anlage nicht zum Abdruck gebracht und schien dies auch desshalb zulässig, weil in dem weiteren Verfolg der technischen Voruntersuchungen von ihnen kein Gebrauch mehr gemacht worden ist.

[2] Wo nicht Anderes bemerkt, beziehen sich die Wasserstandsangaben stets auf den Pegel im Constanzer Hafen.

gewiesen, dass der Rhein, der Hauptzufluss des See's, bekanntlich in den Jahren nach 1856 rascher und noch höher angelaufen sei, als früher und, da die Dammbrüche im oberen Rheinthale in der Regel nicht mit den hohen Seeständen zusammengetroffen, dass, wenn nicht der Abfluss des See's beschleunigt worden wäre, wenigstens ein rascheres Ansteigen des Seehochwassers in der neueren Zeit hätte beobachtet werden müssen. Die Pegeltabellen bis 1873 weisen aber das Gegentheil nach: aus der Vergleichung von 10 Sommeranschwellungen des See's vor und 8 nach dem Brückenbrande von annähernd gleich hoher Ansteigung ergab sich, dass vor 1856 das durchschnittliche tägliche Steigen des See's 0,238 Fuss, nachher nur 0,199 Fuss betragen hat und auch, dass nach 1856 das Mass des täglichen Steigens, wie auch des Fallens keine so bedeutenden Differenzen mehr zeigt als früher. Vor 1856 war bei den gedachten Anschwellungen die grösste Schwankung des durchschnittlichen täglichen Ansteigens 0,375 — 0,150 = 0,225 Fuss, des durchschnittlichen täglichen Fallens 0,164 — 0,064 = 0,100 Fuss, während nach dem Brückenbrande die grösste Differenz des täglichen Steigens 0,311 — 0,113 = 0,198 Fuss, des täglichen Fallens 0,112 — 0,056 = 0,056 Fuss betragen hat. Der Abfluss des See's ist demnach ein sehr viel gleichmässiger geworden, was sich auch schon allein daraus erklärt, dass zur Zeit des Bestehens der Rheinmühle die Grössè des Abflussprofiles innerhalb gewisser Grenzen in der Hand des Mühlenpächters gelegen war.

Es wurde dann versucht, die Senkung des Seehochwassers aus dem Verhalten der Wasserstände des oberen See's gegen jene bei Gottlieben und am Untersee festzustellen. Nach den Pegelbeobachtungen bei Gottlieben, die leider nur bis 1849 zurückreichen, ergab sich nach Jahresdurchschnitten das absolute Gefälle zwischen Constanz und Gottlieben: vor 1856 zu 0,935 Fuss, nach 1856 zu 0,860 Fuss, somit eine Abnahme um 0,075 Fuss. Dieses Resultat steht keineswegs im Widerspruche mit der von Gerwig constatirten Zunahme der Strömung zwischen Constanz und Ermatingen, denn mit der Beseitigung der Constanzer Stauwerke musste eine Ausgleichung des vordem hier concentrirten Gefälles durch relative Hebung des Wasserspiegels unterhalb der Brückenstelle und damit eine verstärkte Strömung von da bis zum Untersee eintreten.

Die Gefällsabnahme im Wasserspiegel zwischen Constanz und Gottlieben wird etwas weniges grösser gefunden bei höheren als bei den mittleren und niederen Ständen. So ergibt beispielsweise die Vergleichung der höchsten Tageswasserstände an dem Constanzer Pegel mit jenen des Untersee's die Neigung des Wasserspiegels zwischen Constanz und:

Gottlieben	vor 1856 zu	1,30	Fuss,	nach 1856 zu	1,09	Fuss,	Abnahme	0,21	Fuss
Kattenhorn	„ „ „	1,39	„ ,	„ „ „	1,08	„ ,	„	0,21	„
Stein	„ „ „	2,18	„ ,	„ „ „	2,06	„ ,	„	0,12	„

Der Unterseespiegel läge hiernach bei Hochwasser jetzt um 0,21 Fuss = 0,063 m relativ höher gegenüber dem Spiegel des oberen See's als zur Zeit des Bestehens der Constanzer Rheinmühle und dieses Mass ist es allein, in

welchem die Einwirkung der unverändert gebliebenen Unterseeausmündung der Rückstau des Untersee's zu erkennen ist.

Endlich ist aus den Resultaten der Pegelablesungen vor und nach 1856 und durch Summirung der täglichen Minderansteigungen während einer Hochwasserperiode berechnet worden, dass die Erweiterung des Constanzer Abflussprofils eine relative Senkung der Hochwasserstände des See's im Betrage von 1,17 Fuss zur Folge gehabt habe. Wenn dieses Mass erheblich unter jenem bleibt, welches von Gerwig, Fraisse, Hartmann und Pressel mit mehr oder weniger Bestimmtheit angegeben worden ist, so ist vor Allem zu beachten, dass in den von Bezirksingenieur Beger der Conferenz von 1873 vorgelegten Nachweisungen überall mit arithmetischen Mittelwerthen gerechnet worden ist und das Resultat keineswegs ausschliesst, dass im einzelnen Falle, bei bedeutenden Anschwellungen, die relative Minderansteigung namhaft mehr betrage als 1,17 Fuss und ganz wohl — wie von Gerwig angegeben — 2,5 Fuss und mehr erreichen mag. Sodann hatten Hartmann, Pressel und Fraisse ihre Behauptung einer Senkung bis 4 Fuss allzu sanguinisch auf die Wasserstände einiger weniger Jahre gegründet, deren Sommerhochwasser, wie ein Blick auf die Maximal-Wasserstandscurve Blatt IV, Fig. 2 zeigt, zufällig nur mässige Höhe erreicht haben. Ferner fällt auch in's Gewicht, dass, wie oben ausgeführt, eine Vermehrung der dem See zufliessenden Wassermenge, insbesondere vom Rhein, an welchem seit 1856 umfangreiche Regulirungsbauten vorgenommen worden sind, mit an Gewissheit grenzender Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist.

Wenn nun endlich im Jahr 1876 der See wieder den sehr hohen Stand von 1,3 Fuss am Constanzer Pegel (5,61 neue Scala) erreicht hat, so würde hieraus mit Unrecht auf fehlenden Erfolg der Abflusserleichterung bei Constanz geschlossen werden. War ja doch das Hochwasser des Jahres 1876 eine Catastrophe ganz aussergewöhnlicher Art und liegt aller Grund vor, anzunehmen, dass im Juni 1876 eine grössere Wassermasse dem Bodensee zugeführt worden ist, als selbst im Jahr 1817, wie denn auch nicht nur in den Zuflüssen des Bodensee's, sondern auch im Rhein von Schaffhausen an abwärts, soweit der Einfluss der Hochgebirgsgewässer reicht, der Wasserstand von 1876 jenen von 1817 überstiegen hat. Und wenn, selbst ungefähr gleiche Wassermassen für beide Hochwasserereignisse vorausgesetzt, die Beseitigung der Stauwerke bei Constanz letztmals nur verhindert hätte, dass der Wasserstand von 1817 nicht erreicht worden ist, so wäre damit schon eine grosse Calamität von den Seeanwohnern abgewendet worden.

Dass die Senkung der Wasserstände des oberen Bodensee's auf den Untersee nicht nur keinen schädlichen sondern vielmehr einen günstigen Einfluss geäussert hat, geht aus den in den Conferenzprotokollen von 1873, Anl. II angeführten übereinstimmenden Aussagen der Vorstände der Unterseegemeinden zweifellos hervor. Ebenso haben sich auch alle Besorgnisse hinsichtlich einer nachtheiligen Wirkung des erleichterten Seeabflusses auf den Schifffahrtsbetrieb, durch Senkung der kleinen Wasserstände, in den seither verflossenen 20 Jahren thatsächlich als unbegründet erwiesen, so dass

auch die in der Vereinbarung von 1857 eventualiter vorgesehene Einschränkung des Abflussprofiles beim Constanzer Leuchtthurm niemals in Frage gekommen ist.

Nach all' diesem darf behauptet werden, dass die Veränderung, welche der Abfluss des See's bei Constanz aus Anlass der Zerstörung der alten Brücke und Mühle erfahren hat, den Uferanwohnern des Bodensee's in seinem ganzen Umfange zu nicht geringem Nutzen gereicht hat, ohne irgendwelche nachtheilige Wirkungen zu äussern. —

In der Neuzeit ist bei Constanz noch eine Aenderung erfolgt, und zwar in der Ufergestaltung an der Seefront der Stadt durch die Auffüllung des Seebettes zwischen dem Hafen und der Dominicaner-Insel. Es ist diess aber nicht geschehen, ohne dass durch vorangegangene Prüfung des Projectes klargestellt worden war, dass die Herstellung keine schädliche Wirkung für den Seeabfluss und zwar sowohl hinsichtlich der hohen als der niederen Wasserstände nicht äussern konnte und nicht ohne sorgfältige Ueberwachung der Ausführung in diesem Sinne. Die neue Einmündung des Canales zwischen der Stadt und der Dominicaner-Insel, deren Veränderung allein den Hochwasserabfluss hätte alteriren können, ist in seinen Dimensionen mit Rücksicht auf Erhaltung der seitherigen Capacität desselben angelegt. Andererseits wurde bei der Materialgewinnung mittels Baggerung im Rheine stets darauf Bedacht genommen, dass das engste Niederwasserabflussprofil und ebenso der Zusammenhang der Barren oberhalb des Seeausflusses nicht alterirt werden. Die gleiche Vorsicht ist auch bei der Entnahme von Füllmaterial aus dem See für die Auffüllung der Ufer oberhalb Petershausen zur Herstellung der sogen. Seestrasse beobachtet worden. —

Der Abfluss des oberen Bodensee's findet also gegenwärtig in der Hauptsache unter denselben örtlichen Bedingungen statt wie vor dem 10. Jahrhundert, während in der Zwischenzeit, und namentlich von der Mitte des 16. Jahrhunderts ab, der Ausfluss bei Constanz durch Stauwerke gehemmt war, deren Wirkung die in den Wallgräben vorhandenen Wasserumläufe nur zum geringsten Theile aufheben konnten, die aber in vollem Masse sich äussern musste, nachdem die Befestigungswerke der Stadt in Zerfall gerathen und geschleift, die Wallgräben durch Strassendämme unterbrochen waren, und zugleich, Ende des vorigen Jahrhunderts, der Wasserbau der Rheinmühlen in grösserer Ausdehnung und solider hergestellt worden war. In diese, für den Abfluss des Bodensee's schlimmste Periode, in der sich gleichzeitig noch die übeln Folgen schlechter Waldwirthschaft im Gebirge fühlbar machten, fällt denn auch die höchste bekannte Anschwellung des Bodensee's — vom Jahre 1817. —

b. Die Unterseeausmündung.

Aehnlich eigenartig gestaltet wie die Ausmündung des oberen See's ist der Uebergang des Untersee's in den Rhein — die Strecke von Oberstaad bis zu dem geschlossenen Flusslaufe zwischen Stein und Burg. Sie ist auf

Blatt II und III in der Situation dargestellt mit hypsometrischen Curven, welche die Gestaltung des Flussbettes erkennen lassen. Die an die einzelnen Curven angeschriebenen Zahlen geben in Fussmass die relative Lage derselben, bezogen auf den Nullpunkt des Constanzer Pegels an.

Bis Oberstaad ist die Tiefe des See's, der schon von Steckborn an abwärts sich schlauchartig verengt hat, noch bedeutend genug, dass hier eine Strömung des Wassers nicht merklich ist. Diese beginnt sichtbar erst zwischen Oberstaad und Stiegen. Hier steigt der Grund, das Seebecken schliessend, auf kurze Distanz auf und bildet nächst oberhalb Stiegen drei barrenartige Untiefen, ganz ähnlich den Bänken oberhalb des Seeausflusses bei Constanz. Auf der Oberfläche zeigen sich wieder die knollenförmigen Kalktuffgebilde. Die sandartige Kalkschicht ist hier bis zu 0,50 m mächtig.

Unterhalb dieser Bänke treten die beiderseitigen Ufer scharf gekrümmt gegeneinander vor und bilden zwischen dem thurgauischen Orte Eschenz und dem gegenüberliegenden badischen Zinken Stiegen eine schroffe Verengung, die gegenwärtig als die Ausmündung des Untersee's zu betrachten ist. Wir bezeichnen sie in Folgendem als „Stiegener Enge". Das Profil ist auf Blatt II, Fig. 3 dargestellt.

Das tiefe Rinnsal des Rheines folgt nun dem rechtseitigen steilen Hochufer, während der durch die St. Ottmarsinsel und die an dieselbe sich anschliessenden Bänke [1] und Untiefen — „im Werd" genannt — gebildete linkseitige Flussarm, der sogen. Altrhein, seicht und von sumpfigen Ufern begrenzt ist. Auch hier finden sich auf den Bänken überall wieder die Kalktuffbildungen und deren Verwitterungsprodukte.

Von Untereschenz abwärts tritt auch auf der linken Seite das Hochgestade bis zum Ufer vor und es liegt nun der Rhein zwischen Stein und Burg in einem regelmässigen geschlossenen Bette, dessen Profil aus Fig. 4, Blatt II zu entnehmen. Gleich unterhalb Stein erweitert sich und verflacht sich das Flussbett wieder und folgt nun ein mehrfach gekrümmter Lauf mit wechselnden Breiten und Tiefen. Die engste Stelle mit 80 m findet sich nächst unterhalb Hemmishofen zwischen dem Schuttkegel des hier auf der rechten Seite einmündenden Schienenbaches und dem gegenüberliegenden aus einer nagelfluhartigen Masse bestehenden Hochufer. An anderen Stellen erweitert sich das Flussbett bis über 200 m, oberhalb des Ueberganges der schweizerischen Nationalbahn, woselbst ein Mittelfeld bei niederem Wasserstande zu Tage tritt, bis zu 300 m. Jenes Mittelfeld ist aber ebensowenig als die Barren am Seeausflusse eine Kies- oder Sandbank, wie denn überhaupt in dieser ganzen Flussstrecke kaum Spuren einer Geschiebsbewegung wahrzunehmen sind, die Sohle vielmehr durchaus als unbeweglich zu betrachten ist. Während aber in dem tiefen Rinnsale von Stiegen abwärts überall der weiche sandige Letten, der auch den Grund des See's bildet, zu Tage liegt, finden sich nun von den scharfen Concaven oberhalb der Eisenbahnbrücke an ab-

[1] Sie heissen bei den Anwohnern Raftkopf und Laye, die grössere Bank oberhalb Stiegen: Orkopf.

wärts die sandartigen Kalktuffschichten auch im tieferen Wasser und einzelne Findlinge von 1 bis 1,5 cbm Grösse. Solche abgerundete Steine sind nächst unterhalb der Eisenbahnbrücke fast auf die ganze Flusssohle ausgebreitet und durch Kalktuffbildung zu einer porösen, leicht zu durchbrechenden Kruste verbunden. Sie ist durchschnittlich etwa 40 cm mächtig und liegt auf sehr festem Letten. Von Hemmishofen an abwärts wird die Kalkschicht immer spärlicher und verliert sich völlig unterhalb der Ausmündung der Biber. Der Boden besteht nun überall aus sandigem Letten, auf dem neben zahlreichen abgerundeten Kieseln (sogen. Wacken) noch einzelne grössere erratische Blöcke liegen, so der sogen. Wucherstein unterhalb Hemmishofen, der Salzfresser und der Apfelfresser [1] unterhalb Bibern.

Hier, abwärts der Einmündung des Biberflüsschens, beginnt der regelmässige geschlossene Flusslauf des Rheines, der sich bis zu den felsigen Stromschnellen bei Schaffhausen fortsetzt.

Das Wasserspiegelgefälle in der Rheinstrecke von Stiegen bis Schupfen ist entsprechend der unregelmässigen Gestaltung des Flussbettes ein sehr wechselndes. Es beträgt in der Stiegen-Eschenzer Enge 1,40 pro mille, von da bis zur Steiner Brücke 0,12 bis 0,18 pro mille, an der Brücke selbst 0,25 pro mille, vermindert sich unterhalb bis zu 0,03 pro mille, wächst wieder gegen die Eisenbahnbrücke und erreicht an der Ausmündung des Hemmishofener Baches ein Maximum mit 1,32 pro mille, sinkt gleich unterhalb bis zu 0,23 pro mille, nimmt gegen die Biberausmündung wieder zu, beträgt unterhalb derselben nochmals 1,14 pro mille und geht nun in eine stetigere Neigung von 0,1 bis 0,2 pro mille über. Das ganze absolute Gefälle der 8,5 km langen Strecke beträgt je nach den Wasserständen 2,23 bis 2,39 m.

Die Ermittlung der Gefällsverhältnisse des Rheines von Oberstaad bis Schupfen war in den Vorarbeiten für das Project der Regulirung des Unterseeausflusses Gegenstand ganz besonders sorgfältiger nivellitischer Operationen gewesen, deren Ergebniss in Blatt III, Fig. 3 enthalten ist. Die als Nivellementsfixpunkte benützten Interimspegel sind in der Situation Blatt II und III mit den Nummern rechts 1 bis 30, links 1 bis 16 angegeben.

Was nun die Ausflussmenge des Untersee's anbelangt, so hatte man in den Jahren 1871/72 wiederholt Geschwindigkeitsmessungen in der Stiegener Enge vorgenommen, die aber, wie auch bei der unregelmässigen Gestaltung dieses Profiles, durch welches sich der Seeausfluss mit wirbelartigen Bewegungen durchzwängt, kaum anders zu erwarten, wenig Vertrauen erweckende Resultate lieferten. Nachdem aber 1875/76 die Durchflussmenge des Rheines bei Constanz, wie oben beschrieben, in der bestmöglichen Weise und unter sehr günstigen örtlichen Verhältnissen ermittelt worden war, schien es angezeigt, das Ergebniss jener umfangreichen Arbeit auch für die Be-

[1] Diese beiden grossen Blöcke sind theilweise gesprengt worden, nachdem sie, wie ihr Name schon andeutet, unter den Salz- und Marktschiffen manches Unheil angerichtet hatten.

stimmung der Ausflussmengen des Untersee's zu benützen. Zu diesem Zwecke waren die Beziehungen zwischen den Wassermengen resp. den Wasserständen der beiden Seeausmündungen festzustellen.

Bei Beharrungszustand beider See'n ist die bei Stein in der Zeiteinheit ausfliessende Wassermasse grösser als die Durchflussmenge des Rheines bei Constanz um jenen Zuwachs, welcher dem Untersee aus seinen Affluenten zukommt, nach Abzug des Verlustes, welchen der See in Folge Verdunstung an seiner Oberfläche erfährt. Letzterer ist nun freilich nicht nennenswerth; er berechnet sich bei Annahme einer täglichen Verdunstungshöhe von 5 mm auf nur 3,5 cbm pro Secunde. Anderseits ist aber auch die dem Untersee ausser dem Abfluss des oberen See's zugehende Wassermenge nur unbedeutend. Die Radolfzeller Aach, das einzige in den Untersee einmündende Flüsschen, führt, wie schon erwähnt, in der Regel nur circa 4 cbm, bei starkem Hochwasser höchstens 10 cbm in der Secunde und das übrige kleine Sammelgebiet des Untersee's ist derart beschaffen, dass es nur ein Minimum von Wasser an den See abgibt. Die ganze Landzunge zwischen dem Untersee und dem Ueberlinger See zeigt nämlich eine eigenthümliche Gestaltung: ausgesprochene Höhenzüge und Thäler fehlen fast vollständig; das Tagwasser versinkt meist in flachen muldenförmigen Vertiefungen oder sammelt sich in Torfmooren und Weihern, deren grösster der Mindelsee bei Möggingen. Dabei sind die Höhen mehrentheils mit Wald bedeckt, die Ufergelände am Untersee flach, von Constanz abwärts, sowie bei Radolfzell zu weiten Riedflächen ausgedehnt. So erklärt sich, dass auf der ganzen Uferstrecke zwischen Constanz und der Radolfzeller Aach nur vier kleine Bäche in den See münden.

Aehnlich sind die Verhältnisse in der sogenannten Höri, am Westende des See's, deren grösster Bach von der Höhe des Schienenberges erst unterhalb Stein, bei Hemmishofen, in den Rhein sich ergiesst. Am südlichen Ufer des Untersee's münden zwar eine grössere Anzahl Bäche ein, die Wasserscheide zwischen Untersee und dem Thurthale liegt aber nur wenige Kilometer vom Ufer des See's rückwärts. Der Lauf dieser Giessbäche ist daher nur kurz und die Dauer ihrer Anschwellungen immer nur wenige Stunden, so dass sie auf den Wasserstand des See's einen merklichen Einfluss nicht äussern können. Letzteres gilt auch von der bei ausserordentlich starken Regengüssen unmittelbar auf die Seefläche fallenden Wassermasse, wenn diese auch nach den oben hierüber gemachten Voraussetzungen in maximo bis zu 40 cbm in der Secunde betragen könnte. In der That haben auch die sorgfältigsten vergleichenden Beobachtungen der Pegel zu Constanz und zu Stein bei verschiedenen Wasserhöhen, bei steigendem und fallendem See und bei Beharrungszuständen nur solche geringe Abweichungen ergeben, die die Grenzen der bei den Wasserstandsablesungen unvermeidlichen Beobachtungsfehler kaum übersteigen, so dass auch jedenfalls nur ein sehr geringer Fehler begangen wird, wenn man die Wasserstandsdifferenz zwischen diesen beiden Pegeln als constant und demnach weiter annimmt, dass bei einer gewissen Rheinhöhe zu Stein die gleiche Wassermasse durchfliesst wie bei der

correspondirenden Rheinhöhe zu Constanz.[1] Jene kleinen Abweichungen ausser Acht gelassen, ist am Pegel zu Stein der Wasserstand relativ niedriger als zu Constanz um 2,25 Fuss = 0,675 m, um welches Mass also der Nullpunkt des Steiner Pegels höher als jener im Constanzer Hafen anzunehmen ist, um die Wassermassencurve Blatt V, Fig. 2 auf die am Unterseeausfluss beobachteten Wasserstände zu beziehen.

In dem Diagramm, Fig. 5, Blatt V sind nun die Werthe von Q, a, v, p, R und I für das Abflussprofil nächst unterhalb der Steiner Brücke in derselben Weise wie in Fig. 3 für das Profil der Messungsstelle bei Constanz graphisch dargestellt. Bestimmt man hieraus die Werthe von c in der Grundformel $v = c\sqrt{RI}$, so erhält man die in Fig. 5ª dargestellte Parabel, die die Abscissenaxe in R = 2,420 schneidet, also die Gleichung

$$c^2 = k\,(R - 2{,}420) \qquad (1)$$

Aus den bekannten R und c für jeden Fuss des Steiner Pegels k berechnet, ergibt sich als Mittelwerth k = 6172,1. Dies in Gleichung (1) eingesetzt, folgt:

$$c = 78{,}56\sqrt{R - 2{,}420} \qquad (2)$$

und sodann durch Einführung dieses Ausdruckes für c in die Grundformel:

$$v = 78{,}56\sqrt{(R - 2{,}420)\,RI} \qquad (3)$$

als Formel der Geschwindigkeitscurve für das Abflussprofil bei Stein. v hieraus berechnet, ergibt denn auch Werthe, die von jenen nach den Constanzer Messungsresultaten auf den Steiner Pegel übertragenen Geschwindigkeitsgrössen nicht erheblich abweichen. Die Curve des nach der gefundenen Formel berechneten v ist in Fig. 5 gleichfalls eingezeichnet.[2] —

Haben wir bei der Besprechung der Zuflüsse des See's, seiner Ausdehnung und seiner Wasserstände und des Ausflusses bei Constanz untersucht, inwieweit die Ansicht, dass in historischer Zeit erhebliche Aenderungen in diesen Verhältnissen zum Nachtheil der Seeanwohner stattgefunden haben und noch stattfinden, als begründet zu erachten ist, so erübrigt nun, diese Frage auch noch bezüglich des Unterseeausflusses zu erörtern.

Hier ist es vor Allem die Stiegener Enge, deren hemmende Wirkung auf den Seeabfluss gerade in den jüngsten Jahren von vielen Seiten als eine Calamität bezeichnet worden ist, die erst in der neueren Zeit dazu geworden und die gegenwärtig noch in bedrohlichem Wachsen begriffen sei.

[1] Aus jenen Beobachtungen und bestätigt durch neuere nivellitische Untersuchungen war übrigens immerhin wieder zu schliessen, dass der Höhenunterschied der Wasserspiegel des oberen Bodensee's und des Untersee's am kleinsten ist bei mittleren und mässig hohen und zunimmt bei sehr niederen und bei ausserordentlich hohen Wasserständen, kleiner ist bei Beharrungswasserständen, als bei raschem Steigen und als bei raschem Fallen des Seespiegels. Die Unterschiede betragen aber nicht mehr als 2 bis 4 cm und ergeben im Maximalfalle nur einen Unterschied der secundlichen Durchflussmengen von Constanz und von Stein von 13 cbm.

[2] Schon hier sei indess bemerkt, dass in allen folgenden Berechnungen, wo immer möglich, die Werthe der durch die Messungen bestimmten Geschwindigkeiten eingeführt worden sind.

Fassen wir die Situation des Unterseeausflusses, Blatt II, näher ins Auge, so ist gar nicht zu verkennen, dass, auch hier wieder abgesehen von jener jedenfalls vorgeschichtlichen Epoche, in welcher in Folge der nagenden Arbeit des Rheins an dem Querriegel der Jurafelsen bei Schaffhausen der Bodensee im Wesentlichen seine heutige Gestalt angenommen hat, der Ausfluss einstmals da gelegen sein muss, wo das Seebecken sich zum geschlossenen Flussbette verengt — bei Stein. Unverkennbar ferner ist die Stiegener Enge entstanden durch das Vorrücken der Ablagerungen der beiden Bäche, die hier am rechten und linken Ufer gegeneinander ausmünden und ist die Rheinstrecke von da bis Stein nichts anderes, als ein durch die Verengung bei Stiegen - Eschenz abgetrennter Theil des See's. Nach der Plastik des Terrains, in welches diese Bäche ihre Tobel eingeschnitten haben, ist ferner unzweifelhaft, dass die Ablagerungen nur sehr allmählig sich bilden konnten. Bodensondirungen auf der Eschenzer Landzunge haben dies noch bestätigt, indem sich ungefähr in der Tiefe des jetzigen Niederwasserspiegels schichtenweise Ueberreste einer Sumpfvegetation vorfanden. Von Belang wäre nun aber zu wissen, in welcher Zeit diese Schlamm- und Schuttablagerungen ihre heutige Gestalt angenommen haben mögen.

Sehen wir uns in der geschichtlichen Topographie der Umgebung des Unterseeausflusses um, so finden wir überall bedeutende Spuren einer grossen römischen Niederlassung. Namentlich zwischen Eschenz und Burg und in letzterem Orte sind schon seit Jahrhunderten und bis in die jüngsten Tage Monumente, Gemäuer und andere Ueberreste unzweifelhaft römischen Ursprungs ausgegraben worden. Bei der Ottmarsinsel waren bis in die neueste Zeit die letzten Ueberreste einer Brücke sichtbar, nachdem dieselben grösstentheils im vorigen Jahrhundert entfernt worden sind.[1] Ob an dieser Stelle, wie u. A. Stumpff angibt, ursprünglich die von Ptolomäus erwähnte helvetische Stadt Gaunodurum, die von Anderen nach Zurzach, Laufenburg oder Constanz verlegt wird, gestanden hat, mag hier unerörtert bleiben.

Bei Eschenz stand im 8. Jahrhundert, wahrscheinlich auf römischen Grundmauern, das ländliche Schloss eines mächtigen Allemannen, Gotzbert. Ihm wurde der von dem Constanzer Bischof Sidonius zur Gefangenschaft verurtheilte St. Galler Abt Ottmar anvertraut, der 759 auf der Insel „im Werd“ starb.[2] Damals also bestund schon ein festes Gebäude auf der Insel — ein für unsere Frage wichtiger Umstand. Denn, wie vor dem Ausflusse des See's bei Constanz und vor der Stiegener Enge die flachen Bänke als Folge der hier beginnenden Strömung des Wassers sich gebildet haben, so ist, wenn auch die eigenthümliche Bildung oben nicht genügend, nämlich nur hinsichtlich der überlagernden Kalkschicht, erklärt werden konnte, doch

[1] Es waren paarweise gestellte eichene Pfähle mit eisernen Schuhen. Schriften der antiquar. Gesellschaft in Zürich, XII, 2. Heft. — Vergl. Stumpff, Schweizerchronik 1606, V. Buch, XIII. Cap.

[2] Schwab, Bodensee. — Fickler, Quellen und Forschungen zur Geschichte Schwabens und der Ostschweiz, S. LXII.

als sehr wahrscheinlich anzunehmen, dass die Entstehung der Bänke „im Werd" aus einer Zeit datirt, in welcher der eigentliche Unterseeausfluss unterhalb derselben stattfand, in dem geschlossenen Profile bei Stein. Die Rücken dieser Bänke konnten sich aber aus den oben angegebenen Gründen ebensowenig als jene im sogen. Altrhein bei Constanz beträchtlich über den niedrigsten Wasserstand erheben. Wenn sie nun „im Werd" gegenwärtig theilweise mit Vegetation bedeckt sind, so liegt es sehr nahe, zu schliessen, dass ihre relativ höhere Lage dadurch bedingt ist, dass als Folge der Verengung bei Stiegen der Wasserspiegel unterhalb derselben um einen Theil des Gefälles, das für den Durchfluss des Wassers durch die Enge nöthig, gesunken ist und dass damit die bis dahin nur bei den niedrigsten Seeständen nicht überflutheten Bänke zu Inseln geworden sind. Ist nun schon vor der Mitte des 8. Jahrhunderts auf einer dieser Bänke ein Wohngebäude errichtet worden, so ist damit auch erwiesen, dass damals schon die Stiegener Enge bestanden und auf den Abfluss des Wassers die gleiche Wirkung geäussert hat, wie gegenwärtig.[1]

Durch das Vorrücken der Eschenzer Landzunge hat dann der Arm zwischen der Ottmarsinsel und dem linken Ufer an Strömung verloren und ist theilweise versumpft. Wenn nun der Arm jetzt Altrhein genannt wird, so ist diese Bezeichnung hier zwar zutreffend, doch darf daraus ebensowenig, als aus der gleichen Benennung für die Untiefen oberhalb des Seeausflusses bei Constanz geschlossen werden, dass die Veränderung in geschichtlicher Zeit sich vollzogen hat.

Aus späterer Zeit trifft Stumpff's Beschreibung des Unterseeausflusses vollständig auf die heutige Gestalt desselben zu. Auch er sieht die Enge bei Stiegen als die eigentliche Seeausmündung an.[2]

Gegen die Vermuthung aber, dass der Seeausfluss in neuerer Zeit sich verengt habe, spricht die Lage der Häuser von Stiegen hart am Ufer, sowie das Ergebniss der Vergleichung eines in dem Gemeindearchiv von Eschenz vorhandenen Situationsplanes aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts mit dem gegenwärtigen Zustande. Obschon damals der Bach, wie in der Situation Blatt II angedeutet, in anderer Richtung seinen Abfluss fand, war die Ausdehnung und Configuration der Landzunge fast genau dieselbe wie heute.

Dem Allem nach darf also auch hier wieder unterstellt werden, dass der Zustand des Unterseeausflusses seit einem Jahrtausend im Wesentlichen sich gleich geblieben ist. Die beiden Schuttkegel des Stiegener und des Eschenzer Baches haben sich eben so lange und soweit gegeneinander vorgeschoben, bis in der dadurch entstandenen Enge eine Geschwindigkeit erzeugt wurde, die nun kräftig genug war und ist, um die an die Mündung

[1] Die höhere Lage des Geländes in der nächsten Umgebung der Ottmarskapelle ist wohl künstlich durch Auffüllung geschaffen worden.

[2] „Gleych vnderhalb dem aussgang des Sees im Rheyn" schreibt Stumpff, a. a. O. „liegt eine Insel von den Alten als Hermanno Contracto vnd anderen Stein, dieser Zeit aber Insula Rheni genannt . . . . ." — Die Benennung „Stein" hat sich in der Bezeichnung „Laye" der einen Insel erhalten.

gelangenden Geschiebe in die unterhalb vorhandenen Tiefen des ehemaligen Seebettes fortzubewegen. Seitdem — und dieser Zeitpunkt liegt aller Wahrscheinlichkeit nach weiter zurück als die geschichtliche Kunde über diese Gegend reicht — ist zwischen der Geschiebezufuhr der Bäche und der Arbeit des Rheines ein Gleichgewichtszustand eingetreten. Erst wenn jene tiefen Stellen ausgefüllt sein werden, worüber, selbst wenn der Geschiebeführung der Bäche kein Einhalt geschehen sollte, voraussichtlich noch viele Jahrhunderte vergehen möchten, müsste sich die Gestalt der Enge verändern.

Wohl kommt es auch jetzt bei starken plötzlichen Anschwellungen der Bäche, namentlich des Eschenzer Baches vor, dass sie an der Mündung grössere Massen von Geschieben ablagern. Es bedarf dann einer gewissen Zeit, bis die Arbeit des aufgestauten Wassers die Verschüttung des Abflussprofiles wieder beseitigt hat. Da aber solche massenhafte Geschiebszufuhr in der Regel auch mit starkem Steigen des See's zusammentrifft, so kann die allerdings nur vorübergehende Verengung des Ausflusses auf den Wasserstand des See's doch unter Umständen empfindlich aufstauend wirken.[1] Dazu kommt aber, dass die Geschiebe des Eschenzbaches zum grossen Theil nicht bis zur Mündung des Baches gelangen, sondern schon vorher auf der Landzunge liegen bleiben und bald da, bald dort aus dem aufgeschütteten Bette ausbrechend, das Terrain erhöhen. Wenn die Landzunge bis jetzt noch dem Hochwasserprofile der Stiegener Enge nicht ganz entzogen ist, so liegt der Grund nur darin, dass der Bachlauf schon wiederholt verlegt worden und die abgelagerten Geschiebe als Material zur Wegunterhaltung wenigstens theilweise abgeführt worden sind. —

Das Abflussprofil zu Stein scheint schon seit vielen Jahrhunderten eine erhebliche Aenderung nicht erlitten zu haben. Stein wurde im Jahre 966 mit Mauern umgeben[2] und schon im 15. Jahrhundert bestund hier eine hölzerne Brücke,[3] die jedenfalls den Abfluss des Wassers nicht weniger hemmte als die jetzt bestehende. —

Wie es sich endlich mit dem Aufwachsen der Kalkablagerungen, dem gerade bezüglich des Unterseeausflusses seit ihrer näheren Constatirung besonderes Gewicht beigelegt worden ist, indem man damit die Erhöhung des Seespiegels seit der Pfahlbauzeit[4] zu erklären suchte, im Allgemeinen ver-

[1] Im Sommer 1876 war dies, wenn auch nicht in dem Masse, wie von den durch die Hochwassercalamität erregten Unterseeanwohnern angenommen wurde, der Fall. Es wurden damals Baggerungen an der Mündung des Eschenzer Baches gemeinschaftlich von Baden und Thurgau angeordnet und etwa 400 cbm schweren Gerölles künstlich entfernt, während nach Ausweis der Querprofile die Ablagerung während der Dauer dieser Arbeit um mehr als 1000 cm abgenommen hatte. Die grössere Arbeit ist also vom Strome geleistet worden, allerdings unterstützt durch die künstliche Auflockerung der Masse.

[2] Schriften der antiquar. Gesellschaft in Zürich, XII, 7. Heft.

[3] Stumpff a. a. O. — Merian, Topographie der Schweiz.

[4] Steudel, Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensee's, 5. Heft. Eine namhafte Erhöhung der Seeausmündung müsste allerdings nothwendig stattgefunden haben, wenn das Niveau des See's einstmals erheblich niedriger gewesen sein sollte.

hält, ist schon oben ausgeführt worden. Hier allerdings und namentlich in dem Rheinbette bei Hemmishofen, woselbst die Kalktuffbildungen die Flusssohle fast ganz durchziehen und stellenweise bis zu 0,80 m Mächtigkeit zeigen, liegt weniger klar, dass Wachsen und Zerfall gleichen Schritt halten.

Wir kommen demnach zu dem Schlusse, dass zwar eine in der Gegenwart sich vollziehende, für das Seeregime bedrohliche Verengung der Unterseeausmündung nicht zu constatiren ist, dass es aber doch an Bedingungen und Anzeichen nicht fehlt, welche auf eine stetige, wenn auch sehr langsam fortschreitende Verminderung der Capacität des Ausflusses hinweisen.

D. See-Retention.

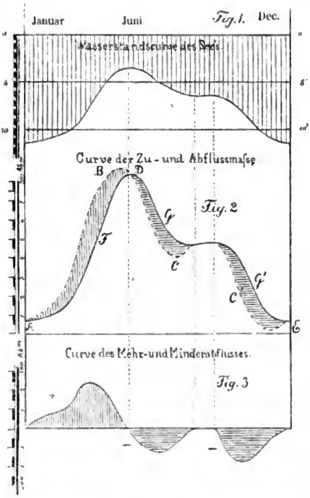
Nachdem die einzelnen Factoren, aus welchen sich das Regime des Bodensee's zusammensetzt, nach ihrem Wesen und soweit möglich auch dem Masse nach festzustellen versucht worden ist, bleibt noch ihr gegenseitiges Verhalten und ihr Zusammenwirken zu betrachten, aus welchem die wichtige Function des See's im Stromgebiete des Rheins resultirt: seine regulirende Wirkung auf den Abfluss des Wassers kraft seines Retentionsvermögens.

Der Stand des See's bleibt nur dann und so lange gleich, als die Mengen des Zuflusses und des Abflusses, zu welch' ersteren noch die direct auf den See fallenden Niederschläge, zu letzteren der Wasserverlust durch Verdunstung an der Seeoberfläche [1] zu rechnen sind, sich das Gleichgewicht halten. Wird der Zuwachs an Wasser stärker als der Abgang, so bleibt die dem Unterschiede beider entsprechende Wassermasse im See zurück. Der Rückstand erzeugt eine Erhebung des Niveau's, in dessen Folge nun auch das Abflussprofil und bei vermehrter Druckhöhe der Abfluss selbst wieder grösser werden. Wenn und so lange nun der so vermehrte Abfluss hinter dem gesteigerten Zufluss noch zurückbleibt, nehmen auch die Rückstände im See zu, erzeugen successive Erhebungen des Seespiegels, als deren Summe sich die Culmination der Seeanschwellung einstellt in dem Momente, in welchem Zu- und Abfluss gleiche Grösse erreicht haben und nun letzterer über ersteren zu überwiegen beginnt. Von jetzt an kommt die im See während der Periode des Ansteigens zurückgehaltene Wassermasse wieder zum Abfluss; der Seespiegel sinkt, bis wieder Gleichgewicht zwischen Ab- und Zufluss eingetreten oder letzterer von Neuem sich steigert. Das Quantum des Wassers, welches der See in der Zeiteinheit zurückzuhalten im Stande ist, macht den Grad seines Retentionsvermögens aus, das Mass der dadurch

[1] Dazu käme strenge genommen noch der Abgang derjenigen Wassermenge, welche bei steigendem See von der Befeuchtung des Uferbodens und der Vegetation mechanisch absorbirt und chemisch gebunden wird. Doch handelt es sich hier, bei dem langsamen Steigen des See's und zumal zur Zeit regnerischer Witterung, jedenfalls nur um sehr geringe, übrigens auch unbestimmbare Mengen.

entstehenden Verzögerung des Ablaufes des Wassers und der Abschwächung der schroffen Schwankungen der in den See gelangenden Wassermassen bestimmt die Grösse seiner Retensionswirkung.

Der einfache Vorgang lässt sich in der nebenstehenden graphischen Darstellung klar verfolgen: Fig. 1 stellt die Wasserstandscurve einer Jahresperiode dar; in Fig. 2 sind die entsprechenden Einflussmengen und Ausflussmengen auf die gleiche Abscisse Zeit als Ordinaten aufgetragen, woraus sich die Linie A B C C. E als Curve der Einflussmenge, A F D G G_1 E als Curve der Ausflussmenge ergeben hat. Wo in Fig. 2 beide Curven sich schneiden (D), zeigt die Curve Fig. 1 ihr Maximum; wo sie zusammenfallen, verharrt der See in gleichem Stande. Die durch die Wassermengen-Curven, die Ordinaten des Anfangs- und Endpunktes und die Abscissenachse eingeschlossenen Flächen repräsentiren die Gesammtein- bezw. Ausflussmengen. Beide sind sich im Ganzen und zwischen je zwei gleichen Ordinaten gleich und müssen desshalb auch die zwischen den beiden Curven eingeschlossenen Flächen rechts und links des Schnittpunktes der Curven einander gleich sein. Diese Flächen stellen einerseits die während der Periode des Steigens im See zurückgehaltene, anderseits die während der Periode des Fallens aus dem See wieder mehr abfliessende Wassermenge dar. Sie sind in Fig. 3 durch Antragen der Differenzen der Ordinaten auf die Abscissenachse (Zeit) in der Weise dargestellt, dass die Fläche oberhalb der Abscissenachse den sich ansammelnden Rückstand, jene unterhalb dieser Achse den Wiederabfluss desselben repräsentiren.



Da mit dem Steigen des See's nicht nur die Elemente des Ausflusses, sondern auch wegen der Gestaltung der Ufergelände die Fläche des Seespiegels und damit die durch letztere bedingte Grösse der Verdunstung, sowie auch das Verhältniss zwischen den Mengen des in dem Sammelgebiete und des auf die Seefläche selbst niedergehenden athmosphärischen Wassers sich ändern, so erscheint als absolut unabhängige Grösse in dem Seeregime allein

die Einflussmenge, während alle übrigen genannten Grössen innerhalb gewisser Grenzen als Functionen der Einflussmenge und unter sich als Correlate erscheinen.

Bezeichnet

F die Fläche des See's,

f die Zu- bezw. Abnahme derselben bei Aenderung des Seestandes,

e die Einflussmenge,

n die Niederschlagshöhe auf die Seeoberfläche,

q die Ausflussmenge,

d die Verdunstungshöhe auf der Seeoberfläche,

alles auf Zeiteinheit bezogen gedacht

h_1 h_2 h_3 . . . . . Wasserstandshöhen in den einheitlichen Zeitintervallen, so haben wir die Beziehung:

$$e + (F \pm f)\, n = q + (F \pm f)\, d \pm (F \pm f)\,(h_1 - h_2). \qquad (1)$$

Für die praktische Anwendung lässt der Ausdruck wesentliche Vereinfachung zu.

Wie oben angegeben, weicht die als Durchschnittswerth für die höheren Seestände, wie sie für uns hauptsächlich in Betracht kommen, angenommene Grösse der Seefläche von 540 qkm von der jeweiligen wirklichen Seegrösse in maximo um 15,5 qkm ab. Die Differenz zwischen der aus dem directen Niederschlag auf die Seefläche und dem Abfluss aus dem Sammelgebiete pro Quadratkilometer und Secunde sich ergebenden Zuwachsmenge beträgt nach der oben für starke Regenfälle gemachten Annahme 0,69 — 0,42 = 0,27 cbm, somit der Werth von

$$f\,n = 15{,}5 \times 0{,}27 = 4{,}18 \text{ cbm pro Secunde.}$$

Bei Annahme der grössten beobachteten 24stündigen Verdunstungshöhe von 11 mm [1] findet sich in gleicher Weise berechnet

$$f\,d = \frac{1550000 \times 0{,}011}{24 \times 60 \times 60} = 0{,}02 \text{ cbm pro Secunde.}$$

Die gedachte Ausbreitung des See's um 15,5 qkm ist bedingt durch ein Steigen des See's um etwa 1,5 m, wie es selbst bei sehr raschem Wachsen etwa in 10 Tagen stattfindet. Die durchschnittliche tägliche Zunahme der Seegrösse beträgt dann 1,55 qkm und ergibt sich

$$f\,(h_1 - h_2) = \frac{\frac{0{,}15}{2} \times 1550000}{24 \times 60 \times 60} = 1{,}34 \text{ cbm pro Secunde.}$$

In allen drei Fällen erhalten wir also derart kleine Werthe, wie sie gegenüber den früher berechneten Zu- und Abflussgrössen nicht mehr in Betracht kommen und umsomehr vernachlässigt werden können, als sie sich in einer Anschwellungsperiode keineswegs summiren, indem solche massenhafte Niederschläge auf die Seefläche und solche starke Verdunstung nur wenige

[1] Nach den Publicationen über die meteorolog. Beobachtungen in den württemb. Jahrbüchern.

Tage treffen und auch der Grösse $f(h_1 - h_2)$ eine entsprechende Mehrabflussmenge entgegenwirkt.[1]

Lässt man also die Grösse f in der Gleichung (1) fort, so lautet diese:

$$e + Fn = q + Fd \pm F(h_1 - h_2)$$

und folgt:

$$h_1 - h_2 = \pm \frac{e - q + F(n - d)}{F} \qquad (2)$$

Für $e > q + F(n - d)$ wird der Werth von $h_1 - h_2$ positiv, für $e < q + F(n - d)$ aber negativ, d. h. im ersten Falle steigt, in letzterem fällt der See.

Hiernach lässt sich aus den Pegelablesungen, aus den durch Messung für die verschiedenen Wasserstände ermittelten Abflussmengen, den Niederschlagsbeobachtungen und aus der bekannten Flächenausdehnung des See's die jeweilige Zuflussmenge bestimmen.

Zum Beispiel: Bei der aussergewöhnlich raschen und hohen Anschwellung vom Jahr 1876 stieg der See vom 11. auf den 12. Juni am Constanzer Pegel (a. S.) von 4,3 auf 3,3 Fuss, also um 0,3 m[2] und war für den Zeitintervall einer Secunde

$$h_1 - h_2 = 0{,}00000347 \text{ m.}$$

Aus der Wassermassenscala, Blatt V, Fig. 2 ergeben sich die secundlichen Ausflussmengen für die genannten Wasserstände zu 702,797 cbm und 812,996 cbm und im arithmetischen Mittel:

$$q = 758 \text{ cbm.}$$

Nach der auf Seite 53 für die ausserordentliche Regenmenge des 11. Juni durchgeführten Berechnung haben wir

$$F(n - d) = 687 \text{ cbm.}$$

Diese Grösse in die Gleichung (2) eingesetzt, folgt:

$$0{,}00000347 = \frac{e - 758 \times 687}{540000000}$$

und hieraus

$$e = 1945 \text{ cbm}$$

als secundliche Wassermasse, welche vom 11. auf den 12. Juni 1876 durch den Rhein und die übrigen Affluenten dem Bodensee zugeführt worden ist, welches Resultat denn auch mit dem damaligen Wasserstande des oberen Rheines und mit den Niederschlägen im übrigen Sammelgebiete des Bodensee's in gutem Einklang steht.[3]

[1] Eine beispielsweise Berechnung für die Hochwasserperiode vom Jahr 1875 hat ergeben, dass durch die Vernachlassigung der Grosse $f(h_1 - h_2)$ sich bei der Culmination der Anschwellung ein Fehler von nur 0,035 m der Wasserstandshohe ergibt.

[2] Es ist dies ein abnormes Mass der Seesteigung, das seit der Entfernung der Stauwerke bei Constanz nur einmal, und zwar am 12. bis 13. Juni 1876, noch um 3 cm übertroffen worden ist. Eine Tagesansteigung des Bodensee's von 0,527 m, wie sie von Lauterburg (Schweizerische Stromabflussmengen, S. 27) berechnet wird, ist am Bodensee, wenigstens seit dem Brückenbrande zu Constanz, nie beobachtet worden.

[3] Damit wäre auch — wenn es dessen je bedurft hätte — bewiesen, dass der

Umgekehrt folgt aus dem Vorstehenden, dass zur Erzeugung einer Seeansteigung von 0,3 m innerhalb 24 Stunden der Zuwachs an Wasser aus den Affluenten und durch Regenfall auf die Seefläche den Abgang durch Abfluss und Verdunstung um (1945 + 687) — 758 = 1874 cbm per Secunde übersteigen muss. Die bei solcher Seeansteigung innerhalb 24 Stunden im See zurückgehaltene Wassermasse beträgt:

$$540000000 \times 0{,}3 = 162000000 \text{ cbm.}$$

Mit Hilfe der Gleichung (2) liesse sich nun auch untersuchen, welchen Einfluss die Veränderungen, die in Bezug auf die Zuflussmengen, die Grösse der Seefläche und die Abflussverhältnisse im Laufe der Zeiten stattgefunden haben und noch zu erwarten sind, auf das Regime des See's, speciell auf dessen Wasserstände und Retentionswirkung geäussert haben und äussern werden, wenn wir in den obigen Erörterungen hierüber zu bestimmten Grössen gelangt wären. Dies war mit einiger Wahrscheinlichkeit nur der Fall hinsichtlich der Steigerung der Hochwassermenge des Rheines; auch bezüglich des Mehrabflusses aus dem übrigen Sammelgebiete des See's in Folge weiterer Flusscorrectionen, Entwässerungsanlagen u. dgl. konnten wenigstens Muthmassungen begründet werden. Nehmen wir nun beispielsweise für den vorstehend betrachteten Fall an, dass, wenn 1876 die Rheincorrection bis in den See vollendet und auch die Wasserableitung in dem einen und andern Flussgebiete des Seebeckens durch Meliorationswerke begünstigt gewesen wäre, der See am 11. bis 12. Juni jenes Jahres eine um etwa 800 cbm grössere Wassermasse, als thatsächlich der Fall war, in der Secunde hätte aufnehmen müssen, so haben wir:

$$h_1 - h_2 = \frac{1945 + 800 - 758 + 687}{540000000}$$

und als Tagesansteigung

$$h_1 - h_2 = 0{,}00000495 \times 24 \times 60 \times 60 = 0{,}427 \text{ m.}$$

Der See würde also an dem gedachten Tage in Folge der Mehrzuflussmenge von 800 cbm um 0,127 m höher als das wirklich stattgehabte Mass angestiegen sein. Doch ist die Rechnung nicht ganz richtig, indem dabei nicht berücksichtigt worden, dass mit dem vermehrten Steigen des See's sofort auch der Abfluss ein stärkerer wird, also die Differenz e — q, d. i. die im See zurückgehaltene Wassermasse sich wieder vermindern muss. Diese Erwägung kommt namentlich dann in Betracht, wenn man sachgemäss unterstellt, dass der Mehrzufluss während mehrerer Tage andauere, z. B. in unserem Falle etwa vom 11. bis 16. Juni gewährt hätte. Rechnet man nun mit Berücksichtigung der reciproken Modificationen, welche die Ausflussmenge und die Wasserstände des See's in oben angedeutetem Sinne von Tag zu Tag (strenge genommen wäre hier mit Differentialwerthen zu rechnen) erleiden, so kommt man zu dem Resultate, dass als Folge des fünftägigen Mehrzu-

See keinerlei unterirdischen Abfluss hat, und dass das, was der Engländer Radcliffe (Reise durch Schweden) von einer Communication des Bodensee's mit dem Wettersee in Schweden schreibt, in das Gebiet der Fabel zu verweisen ist.

flusses von 800 cbm pro Secunde am 18. Juni im Culminationspunkte der Anschwellung der Seespiegel noch um 0,54 m höher und — da an jenem Tage der Wasserstand 1,3 Fuss (a. S.) betragen hatte — also der Stand von — 0,5 am Pegel erreicht und damit die Wasserhöhe von 1817 um 15 ctm überstiegen worden wäre. Auf Blatt IV Fig. 3 sind die Veränderungen der Wasserstands- und der Wassermassencurve, wie sie sich nach der eben angedeuteten Berechnung ergeben, veranschaulicht.

Man sieht also, dass eine — recht wohl noch in den Grenzen der Möglichkeit liegende — Vermehrung der Zuflussmenge eine namhafte Wirkung auf das Verhalten der Hochwasserstände des Bodensee's unter so ungünstigen Verhältnissen, wie sie im Juni 1876 statthatten, allerdings äussern müsste und dass daher die von den Seeanwohnern nach dieser Richtung gehegten Besorgnisse keineswegs grundlos sind.

Wenn eine erhebliche Verschlimmerung des Seeregimes aber auch in dem Vorrücken der Ablagerungen an den Einmündungen der Flüsse und Bäche und wohl gar noch in der Erhöhung des Seebodens durch Sinkstoffe erblickt worden ist, so hat es damit so bald keine Gefahr, da, wie wir oben gesehen haben, die Schwankungen in der Grösse der Seefläche selbst in dem erklecklichen Umfange von 15,5 Quadratkilometer, eine Grösse, die als Produkt der Ablagerungen innerhalb denkbaren Zeitraumes zudem kaum in Frage kommen könnte, einen nennenswerthen Einfluss auf die Wasserstände und die Retention des Bodensee's nicht äussern. Dass aber die Höhenlage und die Gestaltung des Seegrundes, soweit er nicht bei niederstem Wasserstande zu Tage tritt, für das Retentionsvermögen des See's ohne Bedeutung ist, bedarf wohl keines Nachweises.

Weniger gleichgiltig wäre es hingegen, wenn die allmählige Verengung der Unterseeausmündung durch die Kalktuffbildungen und durch die Ablagerung der Bachgeschiebe dereinst grössere Dimensionen gewinnen würde. Damit würde wieder die Relation zwischen den Zu- und Abflusswerthen verändert, e — q grösser; und wie empfindlich die Wasserstandschwankungen des See's hiergegen sind, geht aus dem eben berechneten Beispiele hervor. Jene durch vegetabilische Thätigkeit bedingten Aenderungen der Abflussprofile bewegen sich aber doch augenscheinlich nur in sehr engen Grenzen, so dass hiebei ähnliche Wirkungen, wie sie in dem Zuflussgebiete hauptsächlich als Folge künstlichen Zuthuns ihren Ursprung haben können, hier nicht in Frage stehen. Welcher Effect aber in Bezug auf das Seeregime durch eine durch Kunst zu bewirkende Steigerung der Intensität des Seeausflusses zu erreichen wäre, mit dieser Untersuchung werden wir uns im Weiteren einlässlich zu beschäftigen haben, denn sie ist es, die uns zur Lösung des Problemes der Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's führen muss. —

II.

Die Regulirung des Unterseeausflusses.

A. Zweck und Bedingungen des Projectes.

In der Einleitung ist schon bemerkt worden, dass allein nur die abnorm hohen Wasserstände es sind, die an den Ufern des Bodensee's empfindlichen Schaden verursachen und dass sonst zu einer Aenderung des Seeniveau's und seiner Schwankungen ein Bedürfniss im Interesse der Uferbewohner nicht vorhanden ist. Was von der Bevölkerung am See seit lange gewünscht und nach den letztverflossenen wasserreichen Jahren intensiver als je angestrebt wird, geht denn auch lediglich dahin, dass die Erhebungen des Seespiegels über jenen Wasserstand, wie er bei dem Abgange des Schnee's im Hochgebirge in der Regel oder doch häufig erreicht wird, möglichst verhütet werden möchten. In diesem Sinne ist das Unternehmen der Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's zu verstehen, und anders ist die Regulirung des Bodensee's auch in den schon oben erwähnten, in früheren Jahren über den Gegenstand gepflogenen technischen Erörterungen nicht aufgefasst worden. Von einer absoluten Totalsenkung des Seespiegels, wie neuerdings vielfach missverständlich unterstellt worden, war und ist überall nicht die Rede. Selbst jene ersten in der Sache ergangenen Anregungen, welche zuvörderst die Verbesserung der Zustände im St. Gallischen und Vorarlbergischen Unterrheinthale im Auge hatten, gingen nicht weiter, als dass den sehr hohen Anschwellungen des See's vorgebeugt werden sollte, weil man wohl einsah, dass die Schwankungen des Seespiegels niemals zu beseitigen sein würden, und dass eine Senkung auch der niederen Wasserstände wichtige Interessen der Seeanwohner verletzen müsste.

So sagt schon Oberst Pestalozzi in seinem Berichte vom 23. October 1877 über die Verhältnisse des Rheines im Gebiete des Cantons St. Gallen, nachdem er den Vorgang der Anschwellungen des Bodensee's beschrieben:

„Es wäre indessen bei einem Seebecken von solchem Umfange niemals mög„lich, den Abfluss mit dem Zufluss so in eine Uebereinstimmung zu bringen, „dass alle grösseren Ansteigungen verschwinden würden; wohl aber ist es „möglich, durch zweckmässige Vorkehrungen den Seeabfluss so zu verstärken, „dass die mittleren Wasserstände länger als bisher andauern und bei An„schwellungen der See nicht mehr so hoch ansteige."

Bestimmter noch sprechen sich die Experten Etzel, Sauerbeck und La Nicca in ihrem Gutachten vom 10. Februar 1852 über dieselbe Frage aus: „Unter einer Tieferlegung des Bodensee's können wir nicht eine Massregel „verstehen, deren Folge eine Senkung des Bodenseespiegels sowohl beim höch„sten als beim niedrigsten Wasserstande desselben wäre; denn eine solche „Massregel würde die Mehrzahl der Bodenseehäfen unbrauchbar machen, „eine Unzahl von privatrechtlichen Verhältnissen alteriren, dadurch einen „Schaden anrichten, für welchen der etwaige Gewinn an entsumpftem Lande „nur schwachen Ersatz zu leisten vermöchte und daher auf einen wohl nie „zu beseitigenden Widerstand von Seiten der übrigen den Bodensee ein„schliessenden Staaten [1] und anderen Betheiligten stossen. Wir verstehen „unter dieser Tieferlegung vielmehr eine Massregel, welche zum Zweck hätte, „für die Zukunft einerseits das Eintreten von Wasserständen zu verhindern, „die den bisher bekannten höchsten gleichkommen, anderseits den Spiegel des „See's auch bei dem niedrigsten Wasserstande auf einem höheren Niveau zu „erhalten, als den bisher bekannten tiefsten, mit anderen Worten, eine Ver„minderung der Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasser„stande oder eine Regulirung des See's."

Auch bei der Entfernung der Stauwerke bei Constanz lag die Absicht fern, den Seespiegel überhaupt bleibend zu senken; es ist vielmehr in dem Verlaufe der Constanzer Conferenzverhandlungen vom Jahre 1857 wiederholt betont worden, dass die niederen Seestände unverändert erhalten bleiben sollen und eine hierauf bezügliche Bestimmung in die Vereinbarung — Anlage I — aufgenommen.

In welchem Masse nun die Tieferlegung der höchsten Wasserstände zu bewirken wäre, wenn für die Interessen der Seeanwohner etwas Namhaftes erreicht werden soll und inwieweit eine Aenderung in dem Vorgange der Bewegungen des Seeniveau's ohne anderweitige Benachtheiligungen zulässig erscheint, diese vor Allem klarzustellenden Fragen haben die technische Vorberathungscommission in ihrer ersten Conferenz vom März 1873 hauptsächlich beschäftigt. Die Erhebungen, welche die Commission damals an den Ufern des Untersee's und bei deren Bewohnern anstellte, ergaben, dass für die Erwerbsverhältnisse, für Verkehr und Gesundheit derselben schon viel gewonnen wäre, wenn die Ansteigungen des See's künftig nur etwa 0,30 m unter den bekannten grössten Wasserhöhen blieben und dass sich der Gewinn

[1] Hierunter sind die an der Rheincorrection nicht betheiligten Staaten verstanden.

mit weiterer Senkung der Hochwasserhöhen steigerte, indess doch nur bis zu dem Masse von etwa 1 m.

Im Allgemeinen nämlich darf constatirt werden, dass die Anschwellungen des Bodensee's, wenn und so lange sie den Stand von 4,5 Fuss am Constanzer Pegel a. Sc. = 5,65 n. Sc. nicht erreichen, ohne schädigende Wirkungen an den Ufern bleiben. Dieser Wasserstand entspricht auch annähernd dem Durchschnitte der jährlichen Culminationen der Bewegungen des Seespiegels aus den 60 Jahren von 1817 bis 1876 (Blatt IV Fig. 2) und er darf gewissermassen als das normale Maximum der Seehochwasser bezeichnet werden, mit welchem die Vegetationsgrenze an den Ufern in einer bestimmten Beziehung steht und das für die Ausdehnung der Bodencultur, für die Errichtung von Wohnsitzen und baulichen Anlagen aller Art an den Gestaden des See's seit Alters her im Allgemeinen bestimmendes Mass gewesen ist.

Gleichwohl wäre es irrig, wollte man das Ideal einer Regulirung der Bodenseewasserstände darin erkennen, dass das Niveau des See's ständig auf solcher oder überhaupt nur auf einer bestimmten Höhe erhalten bliebe. Ganz abgesehen zunächst von der für das Rheinthal unterhalb des See's wichtigen Retentionswirkung desselben sind die alljährlichen Schwankungen des Seespiegels an sich in mancher Beziehung von Nutzen, so: für die baulichen Herstellungen an den Ufern, für das Fischereigewerbe, namentlich aber für die Ertragsfähigkeit jener flachen und niedrigen Ufergelände, wie sie streckenweise — in grösserer Ausdehnung an der Einmündung des Rheines, am unteren Ende des Ueberlinger See's, am rechtseitigen Ufer unterhalb Constanz bei Wollmatingen und in der Bucht des Zellersee's an der Radolfzeller Aach — den See begrenzen und deren Crescenz in dem landwirthschaftlichen Betriebe der Seegegend eine nicht unwichtige Rolle spielt. Die Landbevölkerung am Bodensee treibt zum grösseren Theile vorwiegend Weinbau und es ist schon wegen der nöthigen animalischen Düngung der Rebberge der Viehstand nicht unbedeutend. Bei dem geringen Umfange des Halmfrüchtenbaues und der mässigen Ausdehnung der Waldungen muss der Bedarf an Streu mehrentheils aus dem Erwachs der Rohr- und Binsenfelder und der Riedflächen am Seeufer gedeckt werden. Für die ersteren nun, die übrigens nicht nur an obenerwähnten Niederungen, sondern in den meisten Buchten des See's mehr oder minder ausgebreitet sich vorfinden, ist die zeitweilige Ueberstauung Bedingung des Wachsthums, wie auch aus der von der technischen Vorberathungscommission 1873 hierüber gepflogenen Untersuchung zur Evidenz erhellt.

In den damals besichtigten Niederungen, dem Wollmatinger- und dem Radolfzeller Aach-Riede, lassen sich nämlich drei Zonen nach der Höhenlage des Bodens gegenüber den Seewasserständen unterscheiden. Die tiefste Zone reicht von dem gewöhnlichen Niederwasserspiegel, etwa 11,5 Fuss Constanzer Pegel a. Sc. = 2,55 m n. Sc. bis etwa 9 Fuss a. Sc. = 3,3 m n. Sc. und begreift die Fläche, welche im Winter trocken liegt, im Sommer aber zwei bis drei Monate lang unter Wasser steht. Es sind dies die reichen Ertrag an Binsen und Rohr abwerfenden Streuländer, deren Verkehrswerth jenem mittelguten Ackerfeldes oder Wieslandes nur wenig zurücksteht. Das Wachsthum

hängt hier ganz wesentlich von dem Verhalten der Seewasserstände ab. Es wird begünstigt, wenn die stärkere Ansteigung des See's nicht vor der zweiten Hälfte des Monats Mai beginnt und auch dann nicht allzu rasch eine bedeutende Höhe erreicht, indem dann die im Frühjahre keimenden Schilfgräser gehörig zu erstarken, und, mit ihren Spitzen stets über Wasser bleibend, mit dem Steigen des See's aufzuwachsen vermögen. Bei frühzeitiger, sehr rascher und hoher Anschwellung des See's dagegen gebricht es den jungen Pflanzen an der zu ihrer kräftigen Entwicklung nöthigen Luft und Wärme; jede längere Ueberstauung der Spitzen der Gräser bringt sie, selbst in schon vorgeschrittenem Wachsthume, zum Absterben. Die zweite Zone umfasst jenen etwas höher gelegenen Theil des Riedes, der zwar alljährlich unter Wasser zu kommen pflegt, dessen Ueberstauung aber nicht so regelmässig eintritt und nicht lange genug andauert, so dass sich hier ausgiebigere Vegetation von Sumpfgräsern bilden und erhalten könnte. Auf dem aus unproduktivem sandigem Letten, sogenanntem Elbsande, bestehenden Boden fristen magere Riedgräser ein kümmerliches Dasein. Man nennt diese Riedflächen Borsten- oder Boschenwiesen; ihr Ertrag ist ein äusserst dürftiger, ihr Werth sehr gering. Nicht besser an sich sind die Bodenverhältnisse der dritten Zone, die in der Höhe der gewöhnlichen Culmination der Sommerhochwasser — 4,5 Fuss Pegel — beginnt. Die Ueberschwemmungen treten indess hier in der Regel doch nur in so grossen Pausen ein, dass sich der Aufwand an Arbeit und Dünger zu ihrer Cultivirung als Gemüseland, Wiesen oder Ackerfeld schon einigermassen lohnt. Dennoch bleibt der Werth dieser Flächen nicht selten noch unter jenem der Streuländer, weil die Ernte eben doch gegen Wasserschaden nicht sicher gestellt ist und die Folgen der Ueberstauung, die, wenn sie einmal eintritt, in der Regel wochenlang dauert, Mühe und Kosten für die Verbesserung des Bodens für längere Zeit wieder verloren gehen lassen.

Demnach würde also im Interesse der Melioration dieser Riedflächen an die Regulirung der Wasserstände des Bodensee's die Anforderung zu stellen sein, vor Allem, dass — zur vollständigen Sicherstellung der höchstgelegenen Theile gegen Wasserschaden — die aussergewöhnlich hohen Ansteigungen des Seespiegels verhindert werden, sodann dass — zur Beschränkung der sterilen Zone der Borstenwiesen — die Seehochwasser überhaupt minder hoch als bisher und in möglichst stetigem, langsamem Verlaufe ansteigen und endlich, dass — um die Streuländereien zu erhalten und deren Wachsthum zu begünstigen — die bisherigen Schwankungen der mittleren und niedrigeren Wasserstände belassen, jedoch möglichst die Anschwellungen im Frühjahre retardirt werden. Geradezu schädlich wäre eine Senkung der mittleren und niederen Wasserstände, weil dadurch die ertragsarmen Theile der Riedflächen sich auf Kosten der werthvollen Streuländer vergrössern müssten, indem nach der Gestaltung und Beschaffenheit des Strandbodens nicht zweifelhaft sein kann, dass der Zuwachs an Streuland nach unten für die durch Herabrücken der Borstenwiesenzone eintretende Einbusse keinen vollen Ersatz böte.

Eine ganz besimmte Grenze in den Wasserstandsschwankungen des

Bodensee's, unter welche sich die künstliche Tieferlegung derselben nicht erstrecken darf, ist nun aber durch die Rücksicht auf ein wichtiges Verkehrsinteresse — die Schifffahrt — gezogen. Der Schifffahrtsbetrieb auf dem Bodensee ist bei den sehr hohen, wie bei den sehr niederen Wasserständen erschwert; bei den ersteren, weil bei der Erstellung der Hafen- und Landungsanlagen den höchsten Ansteigungen des See's nicht Rechnung getragen ist und auch da, wo, wie fast überall, die natürlichen Ufer selbst nicht hochwasserfrei liegen, nicht Rechnung getragen werden kann; bei den niederen Seeständen aber, weil bedingt durch die oben beschriebene Gestaltung des Seestrandes — der Halde und der Wysse — in den Hafenbassins, an den meisten Landungsstellen, sowie da und dort in den Zufahrten zu denselben die erforderliche Fahrwassertiefe künstlich hergestellt und erhalten werden muss, wenn die Schifffahrt nicht während des Winterhalbjahres mehr oder minder lang unterbrochen sein soll. Dazu kommt noch, dass bei niederem Seestande auch das Ein- und Ausladen an den über der gewöhnlichen Sommerwasserhöhe angelegten Quais und Verladeufern nicht wenig erschwert ist. Wenn demnach auch der Schifffahrt durch Erniedrigung der hohen Seewasserstände erhebliche Vortheile zugingen, so wären diese doch verschwindend gegen die Nachtheile, welche ihr erwachsen müssten, wenn die Senkung sich auch auf die niederen Seestände erstreckte.

Dies ist denn auch schon bei den ersten Erörterungen über die Tieferlegung der Bodenseewasserstände erkannt und damals, wie auch in der Folge, dem Interesse des Schifffahrtsbetriebes auf dem Bodensee eine solche Bedeutung beigelegt worden, dass man die unveränderte Erhaltung des Niederwasserstandes stets als conditio sine qua non des Unternehmens der Bodenseeregulirung betrachtete. Während man nun aber bei den Verhandlungen vom Jahre 1857 über die Entfernung der Stauwerke im Seeausflusse bei Constanz und in der diesen Gegenstand betreffenden Vereinbarung — Anlage I — jener Bedingung vollständig zu genügen glaubte, wenn man darauf Bedacht nahm, dass der Seespiegel in der Folge nie unter seinen bisherigen niedrigsten Wasserstand — 13 Fuss Constanzer Pegel a. Sc. (d. i. 2,10 m n. Sc.)[1] — sinke, wurde in der Constanzer Conferenz von 1873 die Niederwasserbedingung, wie wir sie in der Folge kurzweg benennen wollen, dahin gefasst, dass das Verhalten der Seewasserstände unter der Höhe, welche dem neunten Fuss am Constanzer Pegel a. Sc. (d. i. 3,30 m n. Sc.) entspricht, nicht alterirt werden dürfe. Die Conferenz von 1857 ging eben von der Anschauung aus, dass der Schifffahrtsbetrieb schon seither mit dem niedersten Seestande rechnen musste, während jene von 1873 auch die Belästigungen, welche sich überhaupt schon bei dem Zurückgehen auf einen niederen Stand,

[1] Die Pegelziffer 13,3 Fuss in Art. 5 der Vereinbarung beruht auf der Annahme, dass das Hochwasser von 1817 den Nullpunkt des Constanzer Pegels um 3 bis 4 Zoll überstiegen habe. Die solches besagende Notiz in dem Constanzer Pegelbuch bezieht sich aber, wie nähere Nachforschung ergeben, wahrscheinlich auf die 1816 errichtete Pegelscala, deren Nullpunkt nachmals in den Hochwasserspiegel von 1817 gerückt worden ist.

auch wenn er den bekannten tiefsten nicht erreicht, für die Schifffahrt ergeben, nicht vermehrt sehen wollte. Indess waren es keine näheren Untersuchungen, welche zu der bezüglichen Bestimmung in dem Conferenzprotokolle vom 27. März 1873 — Anlage II — geführt hatten; sie erfolgte vielmehr nur auf Grund einer schätzungsweisen Annahme, wobei die Grenze, unter welche die Senkung der Wasserstände sich nicht mehr ausdehnen soll, fürsorglich weit nach oben verlegt worden ist.

Die Auffassung der Conferenz von 1873 bezüglich der Niederwasserbedingung ist aber gewiss die richtigere.

Der tiefste Seestand von 2,10 m n. Sc. ist seit 1817 überhaupt erst zweimal, bei sehr strenger Winterkälte, eingetreten. Wenn er sich in der Folge häufiger wiederholte, länger andauerte, etwa schon im Spätjahre sich einstellte, so wäre dies fraglos eine grosse Calamität für den Schifffahrtsverkehr auf dem Bodensee und Rhein bei Schaffhausen. Allein die Misslichkeit der mangelnden Fahrwassertiefe tritt auch schon bei minder kleinem Seestande ein.

Soweit es sich um den das ganze Jahr hindurch gleichmässig betriebenen Dampfschifffahrtsverkehr handelt, leuchtet ein, dass die Einrichtungen desselben, einerseits der Tiefgang der Schiffe, anderseits die Austiefung des Fahrwassers, allerdings schon so getroffen sein und werden müssen, dass wenigstens bei jenen niederen Wasserständen, wie sie alljährlich sich einstellen oder auf deren wahrscheinliches Eintreten doch immer gerechnet werden muss, der Betrieb keine Störung erleidet. Diese Erwägung könnte zu dem Schlusse führen, dass es zur Wahrung der Interessen der Dampfschifffahrt nöthig wäre, aber auch genügte, wenn die Höhe des gewöhnlichen häufig eintretenden Niederwasserstandes, die etwa 11,6 Fuss am Constanzer Pegel a. Sc. = 2,50 m n. Sc. (vergl. Blatt IV, Fig. 2) entspricht, nicht verändert würde. Jedoch auch bei diesem Wasserstande schon wird die Bewegung der Dampfboote durch knappe Fahrwassertiefe belästigt. Im Allgemeinen zwar ist bei der Austiefung der Hafenbassins und bei der Anlage deren Mündungen wie der kleineren Dampfbootstationen darauf abgehoben, und wird, wo nöthig, durch zeitweise wiederholte Baggerungen dafür gesorgt, dass bei jenem Wasserstande von 2,50 m n. Sc. eine Fahrtiefe von 2 m, wie sie die grössten Bodenseedampfer mit voller Ladung in maximo bedürfen,[1] noch vorhanden ist. Doch nicht überall ist dies ohne unverhältnissmässigen Aufwand zu erreichen. So muss zu Friedrichshafen von dem Hafenmund bis zur Seehalde das Fahrwasser auf eine Erstreckung von circa 1100 m durch Baggerung stets künstlich offen erhalten werden. Die Sohle ist dort bis zu 0,70 m

[1] Bei dem Baue der Bodenseedampfer und Schleppschiffe ist der Maximaltiefgang bei voller Ladung meist zu 5 Fuss englisch = 1,52 m angenommen. Nur einige wenige Dampfer und Schleppschiffe gehen tiefer, beziehungsweise können tiefer beladen werden, bis zu 1,80 m, mehrere, so namentlich die den Rhein bis Schaffhausen befahrenden Dampfschiffe aber nur bis 1,20 m. Bei gewöhnlicher Beladung schwimmen die Boote fast ausnahmslos flotter als 1,40 m; — 1,80 m ist auch der Maximaltiefgang der grossen württembergischen Eisenbahn-Trajectdampfer bei einer Befrachtung von 16 beladenen Wagen.

an der neuen Pegelscala ausgetieft, so dass also bei einem Wasserstande von 2,50 m noch eine Fahrtiefe von 1,80 m vorhanden ist. Diese genügt nun freilich für den Verkehr der Personendampfboote und auch für die gewöhnliche Ladung der Schleppschiffe, doch liegt immerhin darin schon eine gewisse, wenn auch im gewöhnlichen Verkehr kaum fühlbar werdende Erschwerung der Dampfschifffahrt, dass einzelne Fahrzeuge nicht bis zum vollen Tiefgange beladen werden können, weil mit Rücksicht auf die verticalen Bewegungen des Schiffs, zumal bei stürmischem Wetter, noch ein Spielraum zwischen Kiel und Sohle von etwa 0,30 m erforderlich ist — mehr nicht, weil der Seegrund überall nur aus weichem Letten besteht. Hiernach berechnet sich die Minimalfahrtiefe im äussersten Falle auf 2,10 m. Bei der gedachten Lage der Sohle in der Hafenzufahrt von Friedrichshafen ist diese Fahrwassertiefe aber nur vorhanden, so lange der Seespiegel nicht unter 2,80 m am Pegel n. Sc. zurückgeht. Aehnliche Verhältnisse liegen bei dem Lindauer Hafen vor, woselbst die Austiefung der Bassinsohle unter 1 m nach der neuen Pegelscala mit Schwierigkeiten — angeblich wegen nicht genügend tiefer Fundation der Quaimauern und Hafenmolen — verbunden ist. Indess ergeben sich auch hier die Störungen erst dann, wenn der Wasserstand erheblich unter 3,00 m am Pegel n. Sc. sinkt.

Dasselbe gilt nun auch für den Betrieb der Segelschifffahrt. Zwar ist der Tiefgang der grössten vollbeladenen Segelschiffe nicht mehr als 1,20 m; diese Schiffe befahren aber nicht nur die Hafenplätze und Dampfbootstationen, sondern sie verkehren vielfach auch an den kleineren Uferorten, deren meist sehr bescheidene Landungsanstalten derart angelegt sind, dass die Zufahrt für beladene Schiffe bei dem gewöhnlichen Niederwasserstande, wie er im Früh- und Spätjahr stattfindet, in welchen Jahreszeiten in der Regel der lebhaftere Verkehr mit Bausteinen, Holz, Obst und Wein stattfindet, eben noch möglich ist.

Dieser gewöhnliche niedrige Frühjahrs- und Spätjahrswasserstand entspricht aber — wie aus Blatt IV, Fig. 1, Curve I zu ersehen — etwa dem 10. Fuss der alten Scala des Constanzer Pegels, also wieder 3,00 m nach der neuen Pegelscala.

Da nun auch das Verladegeschäft in den Häfen und an den Anlandestegen für die Dampfboote bei solchem Wasserstande noch nicht besonders erschwert ist, so darf wohl angenommen werden, dass wie die Dampfschifffahrt so auch der Verkehr der Segelschiffe von der beabsichtigten Aenderung der Bodenseeschwankungen dann nicht benachtheiligt würden, wenn die Senkung der höheren Wasserstände jene unter 3 m am Pegel n. Sc. unberührt lässt. Anderseits ist aus dem Vorstehenden aber auch zu erkennen, dass durch jede Tieferlegung der Seewasserstände unter dem gedachten Niveau der Verkehr auf der frequenten Wasserstrasse des Bodensee's — indess weniger die Dampfschiff- als die Segelschifffahrt — empfindlich geschädigt würde, dies umsomehr, als die Schifffahrt während der Niederwasserperiode — im Winter — durch den häufigen dichten Nebel und dunkle Nacht ohnediess nicht wenig erschwert ist.

Uebrigens sind es auch noch Rücksichten anderer Art, welche die Tieferlegung der niedrigeren Seestände als geradezu unzulässig erscheinen liessen. Der unschöne Anblick, den die bei niederem Seestande zu Tage tretenden Untiefen darbieten, der widerliche, durch verwesende organische Stoffe sich verbreitende Geruch, die wasserfrei werdenden Mündungen von Cloaken, deren Ausguss sich nun auf dem flachen Strande ausbreitet u. dgl. sind Uebelstände, die da und dort zeitweise beklagt werden, durch deren häufigeres Eintreten oder verlängerte Dauer öffentliche Interessen sowohl als privatrechtliche Verhältnisse benachtheiligt würden. Letzteres wäre auch der Fall, wenn Badanstalten, Einrichtungen zur Bergung von Privatschiffen und ähnliche kleinere Anlagen durch Senkung des Seeniveau's zeitweilig unbenützbar würden. Doch sind es auch hier wieder nur die Wasserstände unter 3 m am Pegel, welche jene Missstände im Gefolge haben, beziehungsweise deren häufigeres Eintreten und längere Dauer in Aussicht stellten.

In Erwägung all' dieser Gründe war man nun bei der Bearbeitung des Projectes für die Tieferlegung der Hochwasserstände bestrebt, die zur Erreichung des Zweckes anzuwendenden Massregeln derart einzurichten, dass das Verhalten der niederen Wasserstände, womöglich schon unter dem Stande von 3,30 m, jedenfalls aber unter dem von 3,00 m am Pegel neue Scala d. i. 10 Fuss am Constanzer Pegel a. Sc. nicht geändert werde. —

Noch eine zweite Bedingung knüpft sich an das Unternehmen der Verminderung der hohen Bodenseewasserstände, eine Bedingung, durch welche die zu bewirkende Veränderung der Bewegungen des Seeniveau's an ihrer oberen Grenze beschränkt wird. Hiebei handelt es sich um Interessen nicht mehr der Seeanwohner, sondern jener des Rheines unterhalb des Bodensee's.

Von vornherein kann darüber ein Zweifel nicht bestehen, dass durch eine Verminderung der Ansteigungen des Seespiegels die Retentionswirkung des See's alterirt, also auch die Wasserstände des unteren Rheines beeinflusst werden müssen, jedenfalls soweit, als zwischen diesen und jener noch eine bestimmte Relation besteht. Dies gilt nachweisbar für die Rheinstrecke zwischen Bodensee und Schaffhausen.

Vom Ausflusse des Untersee's bei Stein bis nach Schaffhausen vergrössert sich das Einzugsgebiet des Rheines nur um 311 qkm.[1] Die wenigen kleinen Wasserläufe, welche der Rhein in seinem Laufe hier aufnimmt, sind nicht im Stande, auf die Wasserstände desselben eine erhebliche Wirkung zu äussern, so dass die Bewegungen des Rheines bei Schaffhausen nur in sehr geringem Masse von jenen des Bodensee's abweichen. Unterhalb Schaffhausen, von der Einmündung der Thur an, trifft dies nicht mehr zu. Schon hier überwiegen die Anschwellungen des Seitenflusses jene des Seeabflusses und glaubte man desshalb bei der technischen Vorberathung unseres Projectes von der Untersuchung der Wirkung der Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's auf den Rheinlauf unterhalb Schaffhausen von Anfang absehen zu dürfen — ob mit Recht, soll später erörtert werden.

[1] Bülletins der schweizerischen hydrometrischen Beobachtungen.

Bezüglich der Rheinstrecke Stein-Schaffhausen aber ging die Commission von 1873, in welcher die Regierung des Cantons Schaffhausen durch Delegirte vertreten war, von der Anschauung aus, dass eine Aenderung der Wasserstände des Rheines in dieser Strecke und speziell bei der Stadt Schaffhausen so lange nicht nachtheilig sei, als dadurch die Wasserstände in der Culmination der Hochwasserperioden nicht höher ansteigen als bisher der Fall war. In diesem Sinne und weil bei hohen Wasserständen an den Rheinufern im Canton, hauptsächlich aber in der Stadt Schaffhausen sich ähnliche Nachtheile einstellen, wie an den Seeufern, wozu für Schaffhausen noch die Rücksicht auf die dortigen grossartigen Wasserwerke kommt, wurde in der mehrgedachten Constanzer Conferenz die „Schaffhauser Bedingung" dahin gefasst, dass die Aenderung der Hochwasserstände des Bodensee's mit Rücksicht auf die Interessen von Stadt und Canton Schaffhausen in der Weise zu bewirken sei, dass zur Zeit der höchsten Seestände nach erfolgter Tieferlegung der Bodenseehochwasser keine grössere Wassermenge in der Zeiteinheit nach Schaffhausen solle gelangen dürfen, als seither, beziehungsweise als es ohne künstliche Aenderung des Seeregimes der Fall wäre. Die Commission ging dabei zu Gunsten der Rheinanwohner somit noch weiter als das mehrerwähnte Gutachten von Etzel, Sauerbeck und La Nicca, indem dort von der Regulirung der Bodenseewasserstände mit Rücksicht auf den unteren Rhein nur verlangt worden: „dass der Abfluss aus dem See bei dem durch „die Regulirung reducirten höchsten Wasserstande nicht grösser sei, als er „bei den bis jetzt bekannten höchsten Wasserständen war . . ."

Die Aufgabe, die dem Projecte für die Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's gestellt ist, lässt sich also dahin zusammenfassen: es soll Vorsorge getroffen werden, dass die hohen Anschwellungen des Bodensee's künftig mindestens um 0,30 m tiefer bleiben als seither, und möglichst den Wasserstand von 4 Fuss am Constanzer Pegel a. Sc. = 4,80 m n. Sc. nicht mehr übersteigen, ohne aber dass die gewöhnlichen Niederwasserstände unter dem 10. Fuss a. Sc. = 3,00 n. Sc. alterirt und ohne dass bei der gesenkten Culmination der hohen Seeanschwellungen eine grössere Wassermasse aus dem See fliesst, als jene, welche ohne die künstliche Aenderung seines Regimes der See zur Zeit des höchsten Wasserstandes an den Rhein abgegeben hätte.

B. Grundzüge des Projectes.

Indem die Wasserstandsbewegungen des Bodensee's bedingt sind durch die Relation zwischen den jeweiligen Zu- und Abflussmengen, kann auch eine Einwirkung auf das Verhalten der Seestände nur durch eine Aenderung jener Relation, d. i. durch eine Aenderung entweder der Grössen des Zuflusses oder des Abflusses oder auch beider zugleich hervorgebracht werden und zwar müssten, wenn es sich um Minderansteigung des Seeniveau's handelt, erstere

vermindert oder letztere vermehrt werden. Dass von einer Minderung der dem See in gewisser Zeit zufliessenden Wassermengen in praxi keine Rede sein kann, bedarf wohl keines Nachweises; ist ja doch oben dargelegt worden, dass viel eher eine Vermehrung der Zuflussmengen zu erwarten steht. Es erübrigt also nur die Veränderung der Abflussverhältnisse.

Ist solche möglich in dem Sinne und in dem Masse, wie es zur Erreichung des Zweckes verlangt werden muss? — möglich auch unter Einhaltung der dem Unternehmen gestellten Bedingungen?

Als die technische Vorberathungscommission ihre Arbeiten begann, lag nur sehr weniges Material vor, in dem 1854 aufgenommenen Nivellement des Rheines und des Untersee's von Constanz bis Stein und in den Wasserstandsaufzeichnungen aber doch immer so viel, dass sich hieraus in Verbindung mit den auf dem Terrain selbst gemachten Wahrnehmungen das Wesentliche der bei diesen Fragen in Betracht kommenden hydrographischen Verhältnisse erkennen und ermessen liess, ob hiernach, und zunächst ganz abgesehen von den Schwierigkeiten der praktischen Ausführung, die Möglichkeit der angestrebten Regulirung des Seeabflusses vorhanden ist. Nachdem dann auch in der Constanzer Conferenz von 1873 — Anlage II — darin vollständige Uebereinstimmung bestanden hatte, dass die Senkung der höchsten Seeanschwellungen in der Weise werde zu bewirken sein, dass während der Periode des Ansteigens des Seeniveau's von Tag zu Tag eine grössere Wassermenge aus dem See abgelassen, mithin auch ein minder grosses Wasserquantum in der entsprechenden Zeit im See zurückgehalten werde, als bisher und dass so die Minderhöhe der Culmination sich als die Summe der während der Dauer des Ansteigens eingetretenen successiven Minderansteigungen einstellen müsse, und ferner dass, um der Niederwasserbedingung zu genügen, diese Niederansteigungen eben erst von einer gewissen Seehöhe an aufwärts beginnen sollten, wurde in der Beilage zum Protokoll der am 9. April 1874 zu Schaffhausen gepflogenen Berathung — Anlage III — der Vorgang der periodischen Seeanschwellung, ähnlich, wie oben auf mehr elementarem Wege geschehen, analytisch verfolgt und der Nachweis geliefert, dass nicht allein nur die Erfüllung der Niederwasserbedingung, sondern auch die der Schaffhauser Bedingung mit der Tieferlegung der Seehochwasserstände hydrologisch ganz wohl vereinbar erscheine. Der Beweis, wie er dort in allgemein theoretischer Behandlung geliefert werden konnte, ist allerdings nur ein indirecter: die Senkung der Culmination der Anschwellung muss sich ergeben als Folge eines veränderten Gesetzes des Ansteigens der Anschwellung und dieses, da die Zuflussmengen und die Seefläche als unveränderlich zu betrachten, aus einem anderen Ausflussgesetze. Letztere Aenderung ist aber in verschiedener Weise denkbar; sie kann sich auf mehr oder minder grossen Zeitraum während des Ansteigens des See's erstrecken und es ist für den fraglichen Effect keineswegs nothwendig, dass sie sich auf den Culminationspunkt selbst ausdehne. Damit war freilich mehr nicht gewonnen, als dass die von Schaffhausen erhobenen Bedenken keinen Grund abgeben konnten, von dem Unternehmen schon um desswillen abzustehen, weil mit dessen etwaiger Durch-

führung wichtige Interessen eines schweizerischen Cantons nothwendig verletzt werden müssten.

Für die weitere Verfolgung des Problems galt es nun, ein neues den gestellten Anforderungen und Bedingungen entsprechendes Gesetz des Seeabflusses festzustellen und die Mittel anzugeben, wodurch dasselbe zu realisiren wäre.

Bei aller Regelmässigkeit der jährlichen Anschwellungen des Bodensee's ist die Periodicität der Erscheinung doch keineswegs in dem Grade vorhanden, dass sich ihr Verlauf gesetzmässig, etwa durch eine Gleichung, in welcher die Seehöhe als Function der Zeit erscheint, wie in der Beilage zu dem Schaffhauser Protokoll — Anlage II — geschehen, ausdrücken liesse. Wohl könnte man im Sinne jenes Exposé's mit einem aus Durchschnittswerthen — etwa nach Curve I, Fig. 1, Blatt IV — ermittelten Ausflussgesetze rechnen; doch würde man sich damit immer noch zu sehr auf dem Gebiete der Abstraction bewegen, als dass hievon auf den concreten Fall zutreffende Resultate erwartet werden könnten. In der ferneren Behandlung der Sache ist daher auch ein anderer, der umgekehrte Weg eingeschlagen worden: in erster Reihe wurden die Mittel in Erwägung genommen, die hinsichtlich einer Aenderung der Abflussverhältnisse des See's überhaupt zu Gebot stehen und geeignet erscheinen, um eine Modification des Seeregimes nach der in Frage stehenden Richtung zu bewirken. Dann erst wurde untersucht, welche dieser Mittel, in welcher Weise und in welchem Umfange Anwendung zu finden hätten und mit Rücksicht auf die praktische Ausführung Anwendung finden könnten, um den Effect in dem verlangten Masse und unter Beobachtung der gestellten Bedingungen zu erreichen. Wir folgen hierin dem Gange der technischen Vorarbeiten.

Dass eine Verbesserung der Abflussverhältnisse des See's nach der Entfernung der Stauwerke bei Constanz nur noch durch Veränderungen an der Unterseeausmündung möglich wäre, darüber bestunden schon in allen früheren Erörterungen des Gegenstandes keine Zweifel und kann auch nach Lage der thatsächlichen Verhältnisse, wie sie oben geschildert worden, nicht fraglich sein.

Nimmt man nun vorerst an, die örtlichen Verhältnisse gestatten hier innerhalb der für unsere Aufgabe in Betracht kommenden Grenzen eine beliebige Vergrösserung der Capacität der Seeausmündung, also auch der Intensität des Ausflusses, so legt die Rücksichtnahme auf die an das Project geknüpften Bedingungen betreffs der Conservirung der niederen Seestände und der Maximalabflussmengen vor Allem den Gedanken nahe, dass die Lösung des Problems wo nicht die einzige, so doch die vollkommenste in permanenter künstlicher Regulirung des Abflusses mittels beweglicher Stauwerke werde gefunden werden müssen. Unzweifelhaft berechtigt vom hydrometrischen Standpunkte, begegnet solche Lösung für unseren Fall indess den gewichtigsten Bedenken.

Die ständige künstliche Regulirung eines Seespiegels mag da zulässig erscheinen, wo die von den Wasserstandsschwankungen tangirten Interessen

mehr oder minder einfacher und homogener Art sind, wie beispielsweise am Thuner See und da bestehen können, wo sie althergebracht oder auf wohlerworbenen Rechten beruht, wie bei den Wasserwerken in der Limmat bei Zürich und vormals bei den Constanzer Rheinmühlen. Wo aber eine solche Anlage, mit deren Handhabung das Verhalten der Schwankungen des Seeniveau's innerhalb gewisser Grenzen zu jeder Zeit dem menschlichen Ermessen und Handeln anheimgegeben wird, neu erstellt werden soll, wo derart heterogene und selbst dissentirende Interessen in Frage stehen, wie bei den Wasserstands- und den Abflussverhältnissen des Bodensee's, da gestaltet sich die Sache überaus schwierig.

Die Leichtigkeit und Sicherheit der Wasserstands- und Ausflussregulirung auf solchem Wege wäre hier nur scheinbar und im concreten Falle geradezu illusorisch, desshalb weil der Verlauf der Hochwasserperiode, beziehungsweise das Verhalten der Wasserstände oder die Einflussmengen während derselben zum Voraus nie bekannt sind. Denken wir uns den erweiterten Seeausfluss ganz oder theilweise mit Schleusen verschliessbar und für deren Bedienung die Instruction gegeben, dass jeweils bei dem beginnenden Steigen des See's über den 10. Fuss Pegel die Schleusen geöffnet und so lange offen gehalten bleiben, etwa bis in Schaffhausen der Rhein eine gewisse bedrohliche Höhe erreicht hat und dass nun das Abflussprofil wieder verengt werde, so könnte sich beispielsweise ganz wohl der Fall ereignen, dass, wenn im Frühjahre bei einer Ansteigung des See's über den 10. Fuss Pegel die Schleusen geöffnet worden sind, die Anschwellung sich als nur vorübergehend zeigt, indem die Zuflussmengen durch wieder eintretende kältere Witterung nochmals abnehmen, der Seespiegel wieder sinkt, nun aber in Folge des stattgehabten Mehrausflusses weiter als dies sonst der Fall gewesen wäre und jetzt unter die zu erhaltende Niederwasserhöhe. Weit misslicher noch wäre die Erfüllung der Schaffhauser Bedingung, selbst wenn man sich auf eine Manipulation der Schleusen in dem vorstehend angedeuteten Sinne würde einigen können, wodurch indess entweder die Seeanwohner oder die Rheinanwohner gegenüber dem jetzigen See- resp. Rheinregime schon benachtheiligt würden. Denn, wenn mit Rücksicht auf Schaffhausen das Abflussprofil der Unterseeausmündung durch Stauvorrichtungen eingeengt werden müsste, so wäre dies in der Regel zur Zeit hoher Seestände der Fall, ja wohl auch während der See noch im Steigen begriffen ist und vielleicht schon an den Seeufern Hochwassercalamität besteht. Zu welchen Beunruhigungen, zu welch' unliebsamen Erörterungen und Auftritten müsste es nun führen, wenn die Seeanwohner es mit ansehen sollten, wie der Abfluss des See's gerade in solcher Zeit absichtlich vermindert wird und wenn sie erst die Wirkung der Verschlüsse in vermehrtem Steigen des See's empfänden! Der sorgfältigsten und unbefangensten Beurtheilung würde es schon gar nicht möglich, die Regulirung des Ausflusses mittels beweglicher Stauwerke derart zu normiren, dass damit die widerstreitenden Interessen der Bevölkerung am See und jener der Stadt Schaffhausen gleiche Gerechtigkeit erführen und gelänge dies auch, so würde, wenn in der Folge hier

oder dort das Wasser eine bedrohliche oder schon schadenbringende Höhe erreichte, der wirklich, oder auch nur vermeintlich härter betroffene Theil, immer zu dem Glauben hinneigen, dass gerade er durch die künstliche Ausflussregulirung Nachtheil erleide und er wäre durch keine Beweisgründe zu überzeugen, dass das Wasser ohne die mechanische Einwirkung auf den Seeabfluss dieselbe oder eine noch grössere Höhe erreicht haben würde.

Diese Betrachtungen, die durch versuchsweise Projectirungsarbeiten in der gedachten Richtung lediglich bestätigt wurden, mögen es rechtfertigen, dass ein vollständiger Entwurf für Regulirung des Bodenseeabflusses durch bewegliche Vorrichtungen nicht bearbeitet, vielmehr gesucht worden ist, die Regulirung zu einer selbstwirkenden zu gestalten.

Wenn nun in der Constanzer Conferenz von 1873 die Commission von der Ansicht ausging, dass die behufs Senkung der hohen Seestände erforderliche Steigerung der Intensität des Abflusses entweder durch Erweiterung des Abflussprofiles, oder durch Vermehrung des Wasserspiegelgefälles in dem betreffenden Profile, oder durch beide Massregeln zugleich zu erzeugen sein werde, so ist eine solche alternative Unterscheidung principiell zwar zulässig, für die Ausführung aber ist einleuchtend, dass eine Aenderung der Capacität des einzelnen Profiles auch eine Aenderung des Gefälles zur Folge haben muss und dass umgekehrt eine Aenderung des letzteren wieder nur durch Umgestaltung aufeinanderfolgender Abflussprofile hervorgebracht werden kann. Durch die eine oder andere Combination der möglichen Modificationen der den Abfluss bestimmenden Grössen wird aber diejenige Intensität desselben müssen hergestellt werden können, welche nothwendig ist, um die angestrebte Mindererhebung des Seespiegels als Folge des vermehrten Abflusses während der Periode seines Ansteigens zu erhalten. Die Erfüllung der Niederwasserbedingung erscheint dabei von vornherein nicht schwierig; handelt es sich ja doch nur darum, die Aenderungen des Ausflusses derart anzuordnen, dass sie erst über dem intact zu erhaltenden Seewasserstande zur Wirkung kommen, was jedenfalls durch entsprechende Gestaltung des massgebenden Abflussprofiles sich muss erreichen lassen. Minder einfach aber scheint es, wie dann ohne Hülfe mechanischer Vorrichtungen der Schaffhauser Bedingung gerecht zu werden, die verlangt, dass bei dem höheren Wasserstande der Seeabfluss relativ wieder abnehme.

Vor Allem ist klar, dass eine die Grösse des Wasserabflusses abschwächende Wirkung schon in der relativen Senkung des Seespiegels selbst liegt. Steigt der See weniger hoch an, so bleibt auch das Abflussprofil um das entsprechende Mass weniger angefüllt. Hielten sich nun die künstlich geschaffene Vergrösserung der Intensität des Seeausflusses und ihre aus der erzielten Seesenkung resultirende Verminderung in der Culmination mindestens das Gleichgewicht, so wäre der Schaffhauser Bedingung Genüge geschehen; überwöge die Wirkung der Seesenkung, so übertrüge sich ein entsprechender Theil derselben auf den Rhein, im umgekehrten Falle resultirte eine Erhöhung des Hochwasserspiegels bei Schaffhausen. Wenn dann aber letzteres verhütet werden soll, müsste die Grösse, um welche der Seeausfluss vermehrt

worden ist, zur Zeit des höchsten Seestandes wieder weniger betragen als während der Periode des Ansteigens. Wäre nun die Vermehrung des Ausflusses etwa einfach durch Erweiterung des massgebenden Ausflussprofiles zu bewirken, so müsste dieses derart gestaltet werden, dass es sich nach oben verengt — eine Profilform, die praktisch nicht durchführbar ist. Wohl möglich erscheint aber eine successive Abnahme des Gefälles mit wachsendem Wasserstande und denkbar auch, dass sich aus diesem Umstande die durch die Schaffhauser Bedingung gebotene Ausflussregulirung ergeben möchte. Wenn also die relative Senkung der Hochwasserstände des See's nicht ausreicht, um gegenüber der zur Erzielung dieser Senkung nöthigen Vermehrung des Seeabflusses die Schaffhauser Bedingung zu erfüllen, so muss jedenfalls auf eine Aenderung der Gefällsverhältnisse an der Seeausmündung in erster Reihe abgehoben werden.

Auf diesem Punkte angekommen, begannen nun für die technische Voruntersuchung eine Reihe von hydrometrischen Arbeiten, Studien, versuchsweiser Berechnungen u. dergl., ein mühsamer Weg, der schliesslich zu dem vorliegenden Projecte führte und den hier zu verfolgen keinen Zweck hätte. Es genügt vielmehr für uns, nur noch in Kürze die Resultate jener Studien und deren leitende Gedanken kennen zu lernen.

Am Bodensee besteht oder bestund doch bis auf die jüngste Zeit allgemein die Ansicht, dass es, um die beabsichtigte Tieferlegung der Hochwasserstände zu bewirken, nicht mehr bedürfe, als die Stiegener Enge durch Wegräumung des linkseitigen Schuttkegels zu erweitern, eine Meinung, die nach Ansehen der Situation des Unterseeausflusses nicht befremden kann; und doch wäre mit der Erweiterung dieser Enge nur wenig zu erreichen. Die völlige Beseitigung derselben hätte im Wesentlichen keinen anderen Erfolg, als dass sich der Untersee nun bis zu dem geschlossenen Profile vor der Steiner Brücke erstreckte und dabei um so viel und zwar bleibend sich senkte, als jetzt das Wasserspiegelgefälle von Oberstaad bis Stein beträgt, weniger der Grösse, die sich als vermehrte Druckhöhe an der Steiner Brücke einstellen müsste. Allerdings würde sich hieraus auch bei der Ansteigung des See's eine gewisse relative Abflussvermehrung ergeben als Folge des nun in dem Steiner Profile vergrösserten Wasserspiegelgefälles. Weder die Niederwasserbedingung, noch die Schaffhauser Bedingung wären aber damit erfüllt. Mit Rücksicht auf erstere darf die Erweiterung der Stiegener Enge erst über der Pegelhöhe von 10 Fuss (a. Sc.) = 3,00 m (n. Sc.) Constanzer Pegel beginnen, und wird also auch noch ein gewisser Theil des jetzt vorhandenen, nur 0,28 m messenden Gefälles oberhalb Stein bei den höheren Wasserständen bestehen bleiben müssen.

Nimmt man nun an, dass in letztgedachter Weise das Hemmniss des jetzigen Ausflussprofiles bei Stiegen beseitigt und damit das geschlossene Profil an der Steiner Brücke für den Seeabfluss bestimmend würde, so frägt es sich, was hier behufs Steigerung der Intensität des Seeabflusses geschehen kann. Die Construction der Brücke ist derart, dass sie als ein erhebliches Abflusshinderniss nicht zu bezeichnen ist. Eine Profilerweiterung erschiene

nach der Tiefe fast wirkungslos, weil die Flussstrecke vor Stein den Charakter einer sogenannten Woog hat, nach der Breitendimension aber wegen der Lage zwischen der Stadt Stein und dem Ort Burg mit den grössten Schwierigkeiten und jedenfalls mit sehr beträchtlichem Kostenaufwande verbunden. Es erübrigt also nur die Vergrösserung des anderen Ausflussfactors — des Gefälles — und diese ist denn in der That auch durch die örtlichen Verhältnisse begünstigt.

Wie schon erwähnt, weist die Rheinstrecke von Stein abwärts einen Wechsel von schwachen und starken Gefällen auf. Zu den ersteren aber gehört das Gefälle vor Stein. Werden nun die Abflusshindernisse, welche die schroffen Gefällsbrüche veranlassen, beseitigt, so lässt sich eine gleichmässige Vertheilung des totalen Wasserspiegelgefälles der betreffenden Strecke jedenfalls erreichen und mithin auch eine Zunahme der Neigung des Wasserspiegels an der Steiner Brücke, dadurch eine Vermehrung der Durchflussgeschwindigkeit, also auch der Abflussmenge, und das ist es, dessen wir zur Erreichung unseres Zweckes bedürfen.

Wie nun aber die hienach vom Beginn der Anschwellung, beziehungsweise von dem Wasserstande an, bei welchem die erweiterte Stiegener Enge die Gefällsvermehrung bei der Steiner Brücke zur Wirkung kommen lässt, sich ergebenden successiven Minderansteigungen des See's sich wieder als allmählige relative Senkungen des oberen Anfanges der durch Regulirung des Rheinlaufes unterhalb Stein geschaffenen verglichenen Gefällslinie darstellen, so wird dort, wo diese Flussregulirung nach unten ihren Abschluss findet und von wo an abwärts an der natürlichen Capacität der Abflussprofile nichts geändert wird, eine relative Hebung des Wasserspiegels eintreten müssen, erzeugt durch die Druckhöhe, welche erforderlich ist, um die von oben vermehrt zufliessende Wassermasse abzuführen. Diese Druckhöhe macht sich nun als eine Rückstauung auf den Wasserspiegel der regulirten Flussstrecke geltend. Die Senkung des Seespiegels einerseits und die Erhebung des Rheinstandes am Endpunkte der Regulirungsstrecke anderseits sind correlative Erscheinungen; beide ein und derselben Ursache, der Abflussvergrösserung entspringend, involviren, jede für sich, wieder eine Abschwächung des Gefälles am Seeausflusse. Die Wirkung beider wird um so grösser, je mehr sich der Seestand der Culmination nähert. In diesem reciproken Verhältnisse zwischen Wasserstand und Gefälle an der Ausmündung des See's beruht der bei jeder Seeanschwellung sich wiederholende Vorgang, in dessen Regulirung die Erfüllung der Schaffhauser Bedingung, ohne Anwendung künstlicher Stauvorrichtungen, zu suchen ist. Hat sich während der Ansteigung eines Hochwassers die Einwirkung der beiden die Ausflussgeschwindigkeit vermindernden Modificatoren bis zum Eintritt der gesenkten Culmination des Seestandes so weit gesteigert, dass nun die Durchflussmenge des Steiner Profiles nicht grösser ist, als sie ohne die Regulirung der unterhalb liegenden Rheinstrecke bei der Seeculmination gewesen wäre, dann geschieht auch jener Bedingung Genüge, so wie sie in den Verhandlungen der technischen Vorberathungscommission aufgestellt worden ist. —

Ehe wir nun auf die rechnungsmässigen Operationen eingehen, deren Ergebniss zu dem Projecte der Regulirung des Seeabflusses geführt haben, mag hier die Beschreibung des Projectes selbst folgen. Die Vorstellung der hydrometrischen Grössen, mit welchen nachher zu rechnen ist, dürfte hierdurch erleichtert werden. —

C. Beschreibung des Projectes.

Bei dem Zusammentritte der technischen Commission zu Constanz im Januar 1877 kamen zwei Projecte für die Regulirung des Unterseeausflusses zur Vorlage. In dem ersten Entwurfe war von der Absicht ausgegangen, die Abflussänderung des See's so wirksam, als nach den örtlichen Verhältnissen möglich, zu gestalten und nichts zu unterlassen, was zur Förderung des Zweckes geeignet erschien. Der namhafte Kostenaufwand, den die hiernach in Aussicht genommenen Herstellungen erforderten, hatte die Aufstellung eines zweiten Projectes veranlasst, in welchem man sich mit Rücksicht auf thunlichste Ermässigung des Aufwands auf die zur Erreichung des Zweckes unerlässlich nöthigen Massnahmen beschränkt hatte. Letzteres Project ist von der Commission mit einigen nicht erheblichen Modificationen angenommen worden. Es zerfällt im Wesentlichen in zwei Theile, nämlich

1) die Erweiterung der Stiegener Enge und
2) die Regulirung des Rheinlaufes von Stein abwärts bis unterhalb der Biberausmündung.

Durch Herstellung von Vorländern, rechts auf 30 m, links auf 240 m Breite, beiderseits auf einer Höhe beginnend, welche 9,25 Fuss am Constanzer Pegel a. Sc. = 3,25 n. Sc. und 11,5 Fuss am Pegel zu Stein entspricht, und, bis auf 11 Fuss nach letzterem Pegel gegen die höheren Ufer ansteigend, soll in dem Abflussprofile bei Stiegen ein Fluthraum geschaffen werden derart, dass bei allen Wasserständen unter dem intact zu erhaltenden Seeniveau von 3,00 m Pegel n. Sc. die Stiegener Enge ein kleineres, bei den höheren Wasserständen ein grösseres Abflussprofil bietet, als die Brücke von Stein, so dass also für die niederen Seestände das Stiegener Profil nach wie vor bestimmend für die Grösse des Abflusses bleibt, bei weiterem Wachsen des Wasserstandes aber das Steiner Profil massgebend wird. Bei Ueberfluthung der Vorländer würde nach der projectirten Profilerweiterung das Wasserspiegelgefälle vom Ende des Seespiegels bei dem Interimspegel Nr. 1, an welcher Stelle die Neigung des Wasserspiegels erst messbar zu werden beginnt, bis zur Steiner Brücke noch 0,14 m betragen.

Als eventuell auszuführen, d. i. falls die Einhaltung der Niederwasserbedingung es nöthig machen sollte, sind sodann beiderseits niedere Einschränkungswerke vorgesehen, und zwar in der Gestalt von flach abfallenden Buhnen, weil dieses Bausystem es vorzugsweise gestattet, durch allmäliges Vorrücken der Buhnenköpfe die Einschränkung dem früher oder später aus

dem Verhalten der Wasserstände zu constatirenden Bedürfnisse genau anzupassen.

Der Stiegener und der Eschenzer Bach sollen in ihrem unteren Laufe wie in dem Situationsplane (Blatt II) eingezeichnet, verlegt werden.[1] Ausserdem ist aber in Aussicht genommen, dass durch geeignete Arbeiten in den Tobeln des Eschenzer Baches und durch Fixirungen der Bachufer fernere Erosionen thunlich verhütet und damit die Geschiebebewegungen bei starken Anschwellungen wo nicht aufgehoben, doch namhaft gemindert werden.

In der Strecke zwischen Stiegen und Stein sind weitere flussbauliche Arbeiten nicht beabsichtigt, nachdem die Herstellung eines Fluthvorlandes an dem auf der rechten Seite vorspringenden Hochufer am „Siechenfeld" in der im Plane angedeuteten Ausdehnung zwar für die Erzielung eines trichterförmigen Ablaufes des See's wünschenswerth, aber doch nicht als durchaus nothwendig erkannt worden ist. Dagegen soll die Sägmühle „im Werd" beseitigt werden, weil der Wasserbau derselben ein nicht unerhebliches Hinderniss für den regelmässigen Abfluss des Wassers und für die allmählige Ausbildung eines gestreckteren Flusslaufes bildet.[2]

Für die Regulirung der Rheinstrecke von Stein abwärts, in welcher das hauptsächlich wirksame Mittel für die angestrebte Verminderung der hohen Seewasserstände gefunden worden ist, war die Aufgabe gestellt, ein verglichenes Wasserspiegelgefälle herzustellen zwischen der Brücke zu Stein und einem flussabwärts gelegenen Punkte, der so zu bestimmen war, dass sich einerseits ein Grad der Neigung des Wasserspiegels, der zur Erzeugung der erforderlichen Steigerung der Abflussgeschwindigkeit in dem Rheinprofile bei Stein ausreichte und anderseits eine variable Rückstauwirkung am unteren Ende der Regulirung ergab, die den veränderten Seeausfluss mit der Schaffhauser Bedingung in Einklang brachte. So wie die Verhältnisse hier liegen, konnte die Bestimmung jenes Punktes nur auf dem Wege versuchs- und vergleichsweiser Effectberechnungen erreicht werden, ein umständliches Verfahren, dessen Reproduction füglich unterbleiben kann. Wie dabei gerechnet worden, wird der unten folgenden Begründung des Projectes zu entnehmen und dort insbesondere der Nachweis zu liefern sein, dass unserem Zwecke entsprochen wird, wenn die bei Stein beginnende Regulirung des Rheinlaufes unterhalb der Ausmündung der Biber gegenüber der Gemarkungsgrenze Reichlingen-Diessenhofen[3] ihren Abschluss findet. Die zu regulirende Strecke umfasst daher alle die oben angeführten stromschnellenartigen Gefällsbrüche des unregelmässigen Flusslaufes und endet da, wo der Rhein in ein gleichförmiger gestaltetes Bett eintritt.

Hätten wir es nun mit einem Gewässer zu thun, wie es in den meisten

[1] Eine Correction des Schienenbaches in gedachtem Sinne ist inzwischen schon eingeleitet worden.

[2] Die Mühle ist während der Drucklegung dieser Abhandlung durch Brand zerstört worden.

[3] „Reichlingen" — nach der Schreibweise der Dufour'schen Karte und des Katasterwerkes des Ortes, dessen Name richtig wohl „Rheinklingen" zu schreiben wäre.

Fällen als Object für flussbauliche Operationen vorliegt, so wäre fraglos die verlangte verglichene Gefällslinie des Wasserspiegels durch künstliche Ausbildung eines gestreckten und geschlossenen Stromschlauches zu bewirken, dessen Sohle parallel zu der zu erreichenden Neigung des Wasserspiegels zu liegen kommen müsste. Hier sind die Verhältnisse aber insofern eigenartig, als die Correction ausgeführt werden soll an einem Flusslaufe, dessen Bett als nicht beweglich zu betrachten und in welchem keine auch nur nennenswerthe Geschiebeführung stattfindet, Bedingungen, unter welchen sonst ein Bedürfniss nach Regulirung nicht besteht, wenigstens nicht im Sinne einer Beschleunigung des Abflusses, wohl aber nach der umgekehrten Richtung — in schiffbaren Flüssen zur Vergrösserung der Wassertiefe. Ohne Zweifel würde nun auch hier durch eine Flussregulirung, wie eben angedeutet, der Zweck erreicht, und es war in diesem Sinne auch der erstmalige Entwurf bearbeitet worden. Weil aber in unserem Falle weder mit Erosionen, noch mit Ablagerungen im Flussbette zu rechnen ist, liegt auch die Nothwendigkeit nicht vor, einen regelmässigen Stromschlauch zwischen parallelen festen Uferlinien herzustellen, es genügt vielmehr, die Capacität der Flussprofile derart zu bemessen, dass bei gegebener Durchflussmenge der Wasserspiegel derselben überall annähernd in die vorgeschriebene verglichene Gefällslinie zu liegen kommt.

Um hiernach nun Grösse und Gestalt der einzelnen Flussprofile zu bestimmen, wurde folgendermassen verfahren.

Da Durchflussmenge und Gefälle für alle Profile gleichen Werth haben, so sind, von der Formel $Q = a \times c \sqrt{RI}$ ausgehend, die Profilfläche a und der mittlere Radius R für die Aequivalenz der einzelnen Flussprofile bestimmend, d. h. es muss für sämmtliche Profile das Product $a \sqrt{R}$ ebenfalls gleichen Werth haben. Nachdem nun die Neigung des Wasserspiegels, wie sie sich als Folge der Regulirung künftig einstellen soll, durch die erwähnten versuchsweisen Berechnungen ermittelt worden, wurde für das am unteren Ende der zu regulirenden Flussstrecke unverändert zu belassende Profil der Werth von $a \sqrt{R}$ bestimmt, der also als constante Zahl für jedes Profil der Regulirungsstrecke mindestens vorhanden sein muss, um die verlangte generelle Neigung des Wasserspiegels zu erhalten. Selbstverständlich wurde dann aber auch auf die möglichste Coïncidenz der Gestaltung der einzelnen Flussprofile Bedacht genommen, um aus ihrer Aufeinanderfolge ein thunlich regelmässiges Flussbett zu erhalten; und zwar geschah dies durch Annahme eines Rinnsales von 40 m Sohlenbreite mit dreimaligen Dossirungen. In denjenigen Profilen nun, wo sich für $a \sqrt{R}$ ein kleinerer Werth als der in der gedachten Weise bestimmte ergab, wurde lediglich die Tiefe der künstlich herzustellenden Rinne berechnet. Hieraus erhielt man eine Reihe aufeinanderfolgender Sohlenpunkte des Rinnsales. Und weil nun eine im Längenprofile möglichst geradlinig und parallel zur Gefällslinie des Wasserspiegels verlaufende Sohle Bedingung ist für regelmässige Bewegung des fliessenden Wassers, so wurde durch diese Punkte eine verglichene Sohlenlinie des auszutiefenden Rinnsales gelegt und da, wo diese Linie von den einzelnen in obiger Weise erhaltenen Sohlenpunkten erheblich abwich, die erforderliche Capacität der betreffenden

Abflussprofile durch Variation der Breite des Rinnsales wieder hergestellt. In solcher Weise ergab sich das in dem Längenprofile Blatt Nr. III, Fig. 3 eingezeichnete Sohlengefälle des Rinnsales von 0,3 pro mille in einer dem 23,3. Fuss des Steiner Pegels entsprechenden Tiefe.

Das Rinnsal selbst erscheint theils als Anschnitt convexer Ufer, so bei dem sogenannten Hoseneck unterhalb Stein und oberhalb der Biberausmündung, grösserentheils aber als Cünette im bestehenden Flussbette. Eine Verbreiterung aus dem angegebenen Grunde war bei der Hemmishofer Eisenbahnbrücke und unterhalb der Ausmündung des Schienenbaches nöthig. Der kleinste Radius der Achse des Rinnsales misst 500 m.

Dass sich als Folge der Herstellung dieses Rinnsales ein vollständig verglichenes Gefälle zwischen Stein und dem Endpunkte der Regulirung bei allen Wasserständen einstellen werde, kann nun allerdings nicht angenommen werden; dafür bleiben noch zu grosse Ungleichheiten der Profile nach Grösse und Form bestehen. Es ist aber leicht einzusehen, dass dadurch der beabsichtigten Wirkung der Regulirung so, wie die örtlichen Verhältnisse liegen, ein Eintrag nicht geschehen wird. Denn die Abweichung von einem geschlossen gedachten regelmässigen Stromschlauch besteht hauptsächlich nur in der Erweiterung des Flussbettes von unterhalb Stein bis zur Hemmishofer Eisenbahnbrücke; hier werden sich also die Profile nicht so hoch anfüllen, dass ihr Wasserspiegel in die verglichene Gefällslinie zu liegen kommt, und als Folge hievon wird das Gefälle in dem Abflussprofile von Stein etwas grösser als nach der verglichenen Linie. Unterhalb Hemmishofen weist das natürliche Flussbett Verengungen auf, wodurch eine gewisse Aufstauung erzeugt werden wird. Je höher der Wasserstand steigt, umsomehr wird der Einfluss der Profilerweiterung oberhalb Hemmishofen sich vermindern und umsomehr auch die Stauwirkung der unteren engeren Profile zunehmen, also das Wasserspiegelgefälle sich immer mehr der verglichenen Gefällslinie nähern. Der Effect der nach Herstellung des Rinnsales noch verbleibenden Abweichungen des Wasserspiegelgefälles von der dem Projecte zu Grunde gelegten geradlinigen Neigung erscheint also gegenüber dem Zwecke und den Bedingungen des Projectes weit eher vortheilhaft als nachtheilig, indem einerseits die Intensität des Seeausflusses, anderseits die rückstauende Wirkung vom unteren Ende der Regulirung begünstigt werden.

Wenn indess auch eine regelmässige Einfassung des Flussbettes in dem Projecte nicht angenommen ist, so wäre doch bei der Detailbearbeitung desselben darauf Bedacht zu nehmen, dass brüsken Störungen in der Regelmässigkeit des Wasserabflusses durch einzelne Einschränkungs- und Leitwerke, wie letztere auch schon im Interesse der Schifffahrt da und dort wünschenswerth werden dürften, sowie vielleicht durch weitere Modificationen in der Breite des Rinnsales und durch entsprechende Ablagerung der aus der Austiefung desselben sich ergebenden Massen vorgebeugt wird. Zur Erhaltung des Rinnsales selbst sind aber Uferbauwerke gleichfalls nicht Erforderniss, da nach der oben beschriebenen Beschaffenheit des Flussbettes ebensowenig Verschüttungen als Erosionen zu besorgen sind.

Die Gesammtlänge des Rheinlaufes, an welcher im Sinne der Erleichterung des Seeabflusses operirt werden soll, vom Ende des Untersee's bei dem Interimspegel Nr. 1 zwischen Oberstaad und Stiegen bis zu dem Pegel Nr. 26 unterhalb der Biberausmündung, misst rot. 7600 m, die Länge der Flussregulirung unterhalb Stein 5574,7 m; das Totalgefälle vom Interimspegel Nr. 1 bis Interimspegel Nr. 26 beträgt bei mittlerem Wasserstande 2,15 m.

Drei Staatengebiete mit zusammen sieben Gemarkungen werden von den vorgeschlagenen Arbeiten berührt, nämlich:

im Grossherzogthum Baden die Gemarkung Oehningen, welcher der Weiler Stiegen angehört;

im Canton Thurgau die Gemarkungen Eschenz, Wagenhausen und Reichlingen, und

im Canton Schaffhausen die Gemarkungen Stein mit Burg, Hemmishofen und Ramsen.

Die Erweiterung der Stiegener Enge fällt rechts in badisches, links in thurgauisches Gebiet; die Regulirung des Rheinlaufes unterhalb Stein bewegt sich entlang der thurgauisch-schaffhausen'schen Cantonsgrenze.

D. Rechnungsmässige Nachweisung der Modification des Abflussvorganges.

Aus der obigen Darlegung des Grundgedankens des Projectes ist bekannt, dass die Erweiterung der Stiegener Enge keinen anderen Zweck hat, als von einer gewissen Erhebung des Seeniveau's an das für das Abflussprofil bei Stein zu schaffende vermehrte Gefälle zur vollen Wirkung kommen zu lassen, während anderseits das Abflussprofil bei Stiegen für alle niedrigeren Wasserstände nach wie vor massgebend sein soll. Hieraus folgt aber auch für den Abflussvorgang selbst eine wichtige Beziehung zwischen dem bei Stiegen projectirten Doppelprofile und dem Profile von Stein. Steigt nämlich der See über jenen Wasserstand, von welchem ab die Stiegener Enge künftig ein Hinderniss für den Abfluss nicht mehr bietet, so wird damit der eigentliche Seeausfluss vor die Steiner Brücke verlegt. Allein die Belassung der Enge für die niederen Seestände, wie die Configuration der Ufer überhaupt, die im besten Falle einen trichterförmigen Auslauf, aber keine vollständige Verlängerung des See's gegen das geschlossene Steiner Profil gestatten, bedingen es, dass selbst durch die ausgiebigste Erweiterung des Fluthprofiles bei Stiegen das Gefäll zwischen Oberstaad und Stein nicht ganz zu beseitigen ist. Eine gewisse Neigung des Wasserspiegels muss hier bestehen bleiben schon als tangentialer Uebergang des Rheingefälles unterhalb Stein in die Horizontale des Seespiegels.

Die Stiegener Enge, die jetzt eine schroffe Abtreppung im Längenprofile des Wasserspiegels verursacht, beseitigt gedacht, liegt aber kein Grund mehr

vor, wesshalb die Neigung des Wasserspiegels, wie sie gegenwärtig oberhalb der Enge zwischen den Interimspegeln Nr. 1 und Nr. 2 vorhanden, sich nicht bis zur Steiner Brücke fortsetzen sollte; wenigstens kann es keinem Anstande begegnen, die Profilerweiterungen oberhalb Stein dermassen zu gestalten, dass eine solche Neigung des Wasserspiegels sich einstellen muss. Damit würde sich das Gefälle, das jetzt zwischen dem Interimspegel Nr. 1 und der Steiner Brücke ausweislich des Längenprofiles Fig. 3 Blatt III bei dem Wasserstande, bei welchem die Profilerweiterung zu wirken beginnt, nämlich 11,5 Fuss am Steiner Pegel, 0,271 m beträgt, um 0,13 m reduciren. Um dieses Mass etwa müsste eine bleibende und generelle Senkung des Seespiegels eintreten, wenn die Stiegener Enge ganz beseitigt würde, beziehungsweise wenn es bei dieser Massregel sein Bewenden hätte; um dieses Mass muss sich eine Aenderung in dem Verhalten der Wasserstände des Rheines zu Stein und des Bodensee's, eine Störung in dem Parallelismus ihrer gleichzeitigen Bewegungen ergeben, wenn, wie beabsichtigt, die Stiegener Enge nur für gewisse Wasserstände als Abflusshemmniss in Wegfall kommt.

Was nun aber in Folge der Profilerweiterung bei Stiegen zwischen Oberstaad und Stein an Gefälle weniger erforderlich ist, muss sich, und zwar mit dem Eintritte des erleichterten Seeabflusses zunächst als vermehrte Druckhöhe in dem Profile bei Stein darstellen, woraus: Vermehrung der Abflussgeschwindigkeit, Steigerung der Durchflussmenge und als Folge dieser — Senkung des Seespiegels. Diese Wirkung setzt sich so lange fort, bis die Senkung des Seespiegels das Mass von 13 ctm erreicht hat, was wieder bedingt, dass die im See zurückgehaltene Wassermasse um $540000000 \times 0{,}13 = 70200000$ cbm abgenommen hat. Der umgekehrte Vorgang findet statt beim fallenden See, wenn die Stiegener Enge für den Seeabfluss abermals in Wirkung zu treten beginnt, bis sie von gewissem Wasserstand an nun wieder als eigentlicher Seeausfluss functionirt. Innerhalb dieser abwärts gerichteten Bewegung des Wasserspiegels müssen je 70 200 000 cbm Wassermasse im See wieder eingeholt werden, und zwar durch Ansammlung in Folge Verminderung des Gefälles, der Ausflussgeschwindigkeit, der Abflussmenge. Die für die Bewegung des Wassers durch die Stiegener Enge erforderliche Druckhöhe von 13 ctm stellt sich dann durch relative Hebung des Seespiegels wieder her und damit das während der Anschwellung des See's um dieses Mass geminderte Gefälle zwischen Interimspegel Nr. 1 und der Steiner Brücke von 27,1 ctm.

Für das Abflussprofil bei Stein ergibt sich das neue Gefälle durch Verbindung der correspondirenden Wasserstände an dieser Stelle und in dem Flussprofile am Endpunkte der Regulirung, bei dem Interimspegel Nr. 26 am rechten Ufer. In Fig. 3, Blatt VI ist das absolute Gefälle zwischen diesen beiden Profilen, wie es durch Nivellement und präcise Wasserstandsbeobachtungen festgestellt worden, für verschiedene Rheinstände als Ordinaten an die Pegelscala von Stein als Abscissenachse (links derselben) angetragen und eine Mittellinie gezogen, aus welcher nun für jeden beliebigen Pegelstand das

absolute Gefälle h abzugreifen ist. Da die Länge der Regulirungsstrecke 5574,7 m beträgt, so haben wir das relative Gefälle

$$J = \frac{h}{5574,7}.$$

Dieser Werth wäre in die für die mittlere Abflussgeschwindigkeit des Steiner Profiles oben aufgestellte Formel [I. C. b (3)]:

$$v = 78,56 \sqrt{(R - 2,42)\, R\, J}$$

einzuführen, um durch Multiplication mit der Fläche jenes Profiles die Wassermenge Q zu erhalten, welche in Folge der Vermehrung des relativen Gefälles bei dem betreffenden Wasserstande durchfliesst, d. i. aus dem See abfliesst, wenn nicht durch die Regulirung auch das absolute Gefälle h verändert würde, und zwar durch die von dem Endpunkte der Regulirung aufwärts wirkende Rückstauung. Letztere lässt sich aus dem bekannten Verhalten der Wasserstände am Steiner und an dem Interimspegel Nr. 26 und aus der für jeden Wasserstand bekannten Durchflussmenge bestimmen, davon ausgehend, dass bei gleichzeitigen Wasserständen an beiden Pegeln auch dieselbe Wassermasse in beiden Profilen durchfliesst, eine Voraussetzung, die desshalb berechtigt ist, weil die zwischen Stein und dem Pegel Nr. 26 in den Rhein mündenden Bäche und auch das Biberflüsschen überhaupt nur so geringe Wassermengen zuführen, dass die Schwankungen derselben gegenüber der Wassermenge des Rheins nicht in Betracht kommen können und auch weil die Gefällscurve in Fig. 3 nur aus Beobachtungen construirt ist, welche nicht durch Anschwellungen jener Bäche beeinflusst waren.

In solchem Sinne, also wieder auf Grund der Ergebnisse der Constanzer Messungen, ist nun in dem Diagramm Fig. 4, Blatt VI, in welchem die beiden Pegel — bei Stein und Nr. 26 — in dem dem wirklichen Höhenunterschiede entsprechenden Abstande gezeichnet sind, die Wassermassencurve für den letzteren Pegel construirt. Rückschliessend lässt sich aus dieser Curve wieder die Wasserstandshöhe entnehmen, welche sich einstellen muss, um eine gewisse Wassermenge das Profil bei dem Interimspegel N. 26 passiren zu lassen und weiter die Neigung des Wasserspiegels bestimmen, welche sich nach unserem neuen Ausflussgesetze in der Regulirungstrecke, also auch in dem Abflussprofil bei Stein mit Berücksichtigung der vom unteren Ende derselben ausgehenden Rückstauwirkung jeweils einstellen wird.

Führen wir nun für J den Werth $\frac{h}{5574,7}$ in den obigen Ausdruck für v ein, so erhalten wir für das Ausflussprofil bei Stein — mit dem Flächengehalt a — die Wassermasse:

$$Q = a \times 78,56 \sqrt{(R - 2,42)\, R\, \frac{h}{5574,7}},$$

woraus

$$\frac{Q}{\sqrt{h}} = a \times 78,56 \sqrt{\frac{(R - 2,42)\, R}{5574,7}}.$$

Damit ist das variable h aus dem complicirten Ausdruck auf der rechten Seite der Gleichung entfernt und es ist dieser jeweils nur mit der Wurzel aus dem für die Verfolgung des Abflussvorganges immer wieder mit verändertem Werthe einzusetzenden h zu multipliciren, um das entsprechende Q zu erhalten. Der Ausdruck $a \times 78,56 \sqrt{\frac{(R - 2,42)\,R}{5574,7}}$ ist nun für die Scala des Steiner Pegels ausgerechnet und hieraus die in Fig. 5, Blatt VI eingetragene Curve construirt worden, aus der sich für jeden Wasserstand der Werth von $Q : \sqrt{h}$ abgreifen lässt.

Ferner ist zur Erleichterung unserer Berechnungen die Tabelle, Anlage VI, aufgestellt, welche für einen secundlichen Mehrausfluss des See's von 1 bis 100 cbm die entsprechende tägliche Senkung des Seespiegels in Fussmass der Pegelscala angibt, berechnet aus dem Quotienten:

$$\frac{24 \times 60 \times 60 \times x \times 10}{540\,000\,000 \,.\, 3}$$
$$= 0,0005333 \times x,$$

worin x die Senkung des Seespiegels pro Tag in Fuss bezeichnet.

Der allgemeine Vorgang der Wirkung des veränderten Ausflusses auf die Wasserstände während einer Hochwasserperiode des See's lässt sich nun darstellen wie folgt:

Erhebt sich das Niveau des See's im Frühjahr über die bei Stiegen-Eschenz herzustellenden Fluthvorländer, so muss sich während der Entwicklung der Wirkung dieser Profilerweiterung der Wasserstand am Steiner Pegel bei gleichbleibendem Seestande um 13 ctm höher stellen gegenüber diesem, oder — mit anderen Worten — der Wasserstand des See's muss sich gegenüber jenem des Rheins am Steiner Pegel um das gedachte Mass senken. Zugleich tritt aber auch die Wirkung der durch die Regulirung des Rheinlaufes unterhalb Stein geschaffenen Vermehrung des Gefälles im Steiner Ausflussprofile in Kraft. Dieselbe bleibt jedoch auf den Wasserstand so lange ohne Einfluss, bis jene Senkung des Seespiegels sich durch Mehrabfluss aus dem See im Betrage von 70200000 cbm vollzogen hat. Während dies geschieht, nähern sich die gleichzeitigen Wasserstände des See's und des Rheines (bei Stein) um 13 ctm und verlaufen von nun an wieder, wie zuvor, in parallelem Abstande. Eine Senkung des Seeniveau's von 0,13 m = 0,433 Fuss entspricht aber gemäss Anlage VI pro Tag einer secundlichen Mehrabflussmenge von 813 cbm. Bei Beginn der Hochwasserperiode wird also der Wasserstand am Pegel zu Stein auch nach der Regulirung jeweils so lange noch unverändert steigen, bis die Summe der secundlichen Mehrausflussmengen den Werth von 813 cbm erreicht hat.

Von jetzt an erfolgt der veränderte Ablauf des See's lediglich unter dem Einflusse des neuen Wasserspiegelgefälles bei Stein, das nun bestimmt wird, einerseits, und zwar im Sinne einer Zunahme, durch die relative Hebung des Wasserspiegels als Folge der Gefällsausgleichung zwischen Stein und Oberstaad und die durch die Regulirung der Rheinstrecke unterhalb Stein be-

wirkte Gefällsvergrösserung, anderseits, in abschwächendem Sinne, durch die als Folge der Regulirung sich einstellende Senkung des Seeniveau's und die relativ höhere Füllung des Profiles bei dem Interimspegel Nr. 26. Dies dauert nun bis dann im Spätjahre der Wasserstand wieder auf die der Lage der Fluthvorländer des Stiegener Profiles entsprechenden Höhe zurückgegangen und damit der Mehrausfluss aus dem See, mithin auch die Senkung des Wasserspiegels daselbst ihre Grenze gefunden haben. Am Pegel zu Stein wird jetzt aber das verstärkte Gefälle noch so lange wirken und so lange ein Mehrabfluss gegenüber dem jetzigen Zustande stattfinden, mithin auch die Senkung des Wasserstandes sich fortsetzen, bis der Seespiegel sich relativ wieder um jene 13 ctm gehoben hat, d. i. bis die Stiegener Enge als massgebendes Seeausflussprofil wieder in Function getreten ist. Dies ist geschehen, sobald die Summe der während des Ueberganges des durch die Regulirung verminderten Gefälles zwischen Stein und Interimspegel Nr. 1 in das jetzige und für die niederen Wasserstände zu belassende Gefälle sich ergebenden secundlichen Minderausflussmengen des See's den Werth von 813 cbm erreicht hat.

Der eben beschriebene, in jeder Anschwellung des See's sich wiederholende Vorgang bedingt es also, dass die relative Senkung des Seespiegels während der Hochwasserperiode 13 ctm mehr betragen wird, als jene des Rheinwasserspiegels zu Stein, und dieses Plus an Senkung ist der Effect der Profilerweiterung in der Stiegener Enge.

Versuchen wir nun, den hier im Allgemeinen geschilderten Vorgang der Abflussänderung in einem concreten Falle zu verfolgen.

Wir wählen hiezu die Bewegungen der Wasserstände in dem Jahre 1876. Sie sind für den Constanzer und Steiner Pegel in den einfach ausgezogenen Curven auf Blatt X dargestellt. Es ist also zu untersuchen, wie sich diese Wasserstandscurven gestaltet hätten, wenn 1876 die projectirte Regulirung des Unterseeausflusses respective des Rheines unterhalb Stein in Wirksamkeit gewesen wäre. Dabei nehmen wir, hier nochmals dem versuchsweise eingehaltenen Gange der Vorarbeiten folgend, vorläufig an, dass die Erweiterung der Stiegen-Eschenzer Enge von dem 12. Fuss am Steiner Pegel = 9,75 Fuss am Constanzer Pegel a. Sc. (3,07 n. Sc.) beginnend in Wirkung getreten wäre.

Am 22. Februar hat die Wasserstandscurve des Steiner Pegels diese Höhe überschritten. Wir haben nun aus Blatt VI, Fig. 5: $\frac{Q}{\sqrt{h}} = 280$, aus Fig. 3: $h = 1{,}902$; hieraus $Q = 280 \times \sqrt{1{,}902} = 385$ cbm als secundliche Durchflussmenge. Zur Zeit beträgt die bei dem Wasserstande von 12 Fuss am Steiner Pegel in der Secunde durchfliessende Wassermenge (Fig. 4) 190 cbm; somit würde sich der Mehrabfluss mit $385 - 190 = 195$ cbm in der Secunde eingestellt haben. Derselbe ergibt nach der Tabelle Anlage VI eine Senkung des Seespiegels um 0,1039 Fuss. Auf den Wasserstand an dem Steiner Pegel bleibt diese Senkung noch ohne Einfluss.

Rechnen wir nun weiter:

am 23. Februar, Pegelstand zu Stein .	11,5 Fuss,
die Durchflussmenge in Folge des Abflussvorganges am 22. Februar wurde gefunden zu	385 cbm pro Secunde,
demgemäss füllt sich das Profil beim Interimspegel Nr. 26 bis auf	6,95 Fuss der Pegelscala,
hieraus absolutes Gefälle zwischen Stein und Pegel Nr. 26: $h = 2{,}732\ (11{,}5 - 6{,}95)\ 0{,}3 =$	1,367 m,

sodann:

$\frac{Q}{\sqrt{h}} = 325$ und $Q = 325 \sqrt{1{,}367} =$.	380 cbm,
gegenwärtig dem Pegelstand 11,5 entsprechende Durchflussmenge: . . .	240 cbm,
somit secundlicher Mehrabfluss: $380 - 240 =$	140 cbm,
und Senkung des Seespiegels für diesen Tag:	0,0746 Fuss,
hiezu die Senkung des vorangegangenen Tages mit	0,1039 „
ergibt Totalsenkung des Seespiegels mit Beginn des 24. Februar	0,1785 Fuss.

So geht die Rechnung weiter bis zum 28. Februar. Am 27. nämlich hat die Summe der täglichen Senkungen den Betrag von 0,4983 Fuss erreicht. Hievon ist 0,4333 Fuss = 13 ctm die Senkung, die sich mit dem Seespiegel allein vollzogen hat. Mit dem Ueberschuss von 0,0650 Fuss hat jetzt aber auch die Senkung des Wasserspiegels am Pegel zu Stein ihren Anfang genommen. Wir haben für den 28. Februar:

wirklicher Pegelstand	11,0000 Fuss,
Senkung	0,0650 „
veränderter Stand	11,0650 Fuss.

Die Durchflussmenge hat sich aus der Rechnung für den 27. Februar ergeben zu $Q = 438$ cbm. Somit Pegelstand am Interimspegel Nr. 26 = 6,3 Fuss, und hieraus $h = 1{,}303$ m, $\frac{Q}{\sqrt{h}} = 374$, somit $Q = 427$.

Die Mehrabflussmenge beträgt dann 140 cbm und veranlasst eine weitere, nun für See und Rhein gemeinschaftliche Senkung des Wasser-

spiegels von	0,0746 Fuss,
Hiezu die Senkung am Steiner Pegel vom 27. mit	0,0650 „
ergibt zusammen	0,1396 Fuss

als die Totalsenkung des Wasserspiegels bei Stein, welche an der wirklichen Wasserstandshöhe vom 29. Februar in Abzug zu bringen, beziehungsweise,

da wir es bei dem Steiner Pegel mit abwärts zählender Scala zu thun haben, zu der Pegelablesung zu addiren ist.

Setzt man nun aber die Rechnung in dieser Weise fort, so resultirt eine Construction der veränderten Wasserstandscurve, wie sie unmöglich dem wirklichen Ausflussvorgange entsprechen kann.

In Blatt X ist die auf Grund der Resultate der wie vorstehend angedeutet durchgeführten Berechnung construirte veränderte Wasserstandscurve in der Periode des Ansteigens des Sommerhochwassers mit feinen Linien eingezeichnet. Sie zeigt ein wellenförmiges Fortschreiten, und zwar nehmen die Schwankungen progressiv zu, je rascher das Ansteigen des See's erfolgte. Noch schroffer prägen sich die Schwankungen in der unter die Wasserstandscurven gezeichneten Curve der Durchflussmengen aus, in welcher sich unmittelbar auf einander folgend extreme Werthe von 757 und 1365 cbm ergeben.

Dass die projectirten Aenderungen an der Ausmündung des Untersee's nicht dazu angethan sind, einen derartigen oscillirenden Seeausfluss hervorzurufen, ist wohl klar, einleuchtend aber auch, wesshalb unsere Rechnung zu solchem Resultate führen musste. Die Ursache liegt in dem sprungweisen Vorgehen der Rechnung von Tag zu Tag.

Die Continuität, welche dem Vorgange des Seeausflusses nach dem gegenwärtigen Zustande innewohnt, muss jedenfalls auch in dem neuen Ausflussgesetze wieder zu finden sein. Wie nun in dem Steigen und Fallen des Seespiegels und der Zu- und Abnahme der Ausflussmengen eine Differentialbewegung vorliegt, so müsste auch die rechnungsmässige Verfolgung des Vorganges, wenn sie sofort ein richtiges Resultat liefern soll, nach den unendlich kleinen Grenzwerthen geschehen. Je grösser aber die Zeitintervalle in dem schrittweisen Gange der Rechnung gewählt werden, umsomehr müssen die Resultate von dem wirklichen stetigen Verlaufe abweichen. Man hatte desshalb versuchsweise der Rechnung statt 24stündige Intervalle, solche von 6 Stunden, sodann von $1/_{10}$ Tagen zu Grunde gelegt, ohne dass es gelungen wäre, die für die Construction der Wasserstands- und Wassermassencurven erforderliche stetige Aufeinanderfolge der einzelnen Rechnungsresultate zu erzielen, und da nun für den concreten Fall die analytische Verfolgung des Ausflussvorganges nicht möglich, so hat man eine Differenzirung desselben durch graphisches Verfahren zu erreichen gesucht.

Die schroffen und starken Wechsel der Werthe für h, das absolute Gefälle zwischen Stein und dem Pegel Nr. 26, sind es hauptsächlich, welche die sprungweise Bewegung der Wassermassencurve zur Folge haben. Trägt man die Werthe von h, wie sie in der angegebenen Weise durch die Rechnung gefunden worden, als Ordinaten an die Pegelscala als Abscissenachse und zwar berechnet nach Intervallen von je 1 Tag, dann von je $1/_4$ Tag und von je $1/_{10}$ Tag an, so erhält man die in Fig. 6, Blatt VI eingezeichneten Zickzacklinien. Unverkennbar gruppiren sich die erhaltenen Punkte mit einer gewissen Regelmässigkeit um eine gemeinschaftliche Mittellinie. Nimmt man dann diese als den geometrischen Ort der für h aus der schrittweisen Rech-

nung resultirten Werthe an, so wird jedenfalls ein nennenswerther Fehler nicht begangen, wenn nunmehr die Ordinaten der so erhaltenen Curve als Werthe von h in die Rechnung eingeführt werden.

In derselben Weise wie für den Jahrgang 1876 hat man aber auch noch die Berechnung der Schwankungen in der Grösse h und das eben beschriebene graphische Verfahren für die Wasserstandscurven der Jahre 1868 und 1870 durchgeführt und dabei gefunden, dass die hieraus erhaltenen Mittellinien mit jener für 1876 überall fast ganz zusammenfallen. Und da nun die Bewegungen des See's in den genannten drei Jahren die grössten Verschiedenheiten zeigen, so trug man auch kein Bedenken, die in Fig. 6, Blatt VI construirte Mittellinie als allgemein giltig zu betrachten und für das Rechnungsverfahren zu benützen. Sie ist sodann in das Diagramm Fig. 5 übertragen worden, aus welchem nun also die Werthe von $\frac{Q}{\sqrt{h}}$ und von h für alle Pegelstände zu entnehmen und sohin die veränderten Ausflussmassen Q zu bestimmen sind. Hieraus resultirt weiter die in derselben Figur eingezeichnete schraffirte Linie, die nun das neue Ausflussgesetz darstellt.

Anfänglich war der Uebergang von dem jetzigen Ausflussgesetz, das für die niederen Wasserstände in Kraft bleiben soll, in das neue Gesetz in der Wasserstandshöhe von 12,5 bis 11,5 am Steiner Pegel angenommen. Die Berechnung und Construction der veränderten Wasserstandscurven hat aber gezeigt, dass bei solchem Uebergange der künftigen Wassermassencurve aus der jetzt giltigen die Senkung des See's nicht auf die Hochwasserperiode beschränkt bliebe, indem die Stiegener Enge dann schon nicht mehr jene Retention zu bewirken vermöchte, die nöthig ist, damit die veränderte Wasserstandscurve nach Ablauf der Hochwasserperiode wieder in die wirkliche Pegelcurve übergeht,[1] d. i. damit unsere Niederwasserbedingung erfüllt werde. Mittels weiterer versuchsweiser Berechnung wurde aber gefunden, dass dieser Bedingung — den 10. Fuss Constanzer Pegel a. Sc. (3,00 m n. Sc.) als Grenze der Veränderung angenommen — dann in der Hauptsache Genüge geschieht, wenn die Wirkung der Erweiterung der Stiegener Enge bei einem Wasserstande von 11,5 Fuss am Steiner Pegel = 9,25 Fuss Constanzer Pegel a. Sc. (3,225 m n. Sc.) beginnt und der Uebergang des jetzigen und für die niederen Wasserstände auch künftig beizubehaltenden Gefälles zwischen Oberstaad und Stein in das um 13 ctm verminderte Gefälle bei einem Wasserstande von 11 Fuss am Pegel zu Stein = 8,75 m am Constanzer Pegel a. Sc. (3,375 m n. Sc.) sich vollzogen hat. Die Curve der veränderten Ausflussmengen schliesst sich dann nach der in Fig. 5, Blatt VI schraffirten Linie an die Curve der jetzigen Ausflussmengen an.

Mit Hilfe dieses Diagrammes, aus welchem für jeden Wasserstand die Differenz zwischen der jetzigen und der künftigen Ausflussmenge für die ver-

[1] Die Berechnung für das Jahr 1867 hatte sogar ergeben, dass eine allerdings sehr kleine Senkung in die Hochwasserperiode des folgenden Jahres übergehen würde.

schiedenen Wasserhöhen abzugreifen ist und mit Benützung der Tabelle Anlage VI wurden nun für eine Reihe von Jahrgängen (nach Entfernung der Constanzer Stauwerke) die Veränderungen der Wasserstands- und Ausflussmengencurven berechnet, beziehungsweise construirt, welche sich gegenüber dem wirklichen Verlaufe ergeben hätten, wenn die projectirte Regulirung des Unterseeausflusses in dem betreffenden Jahre schon wirksam gewesen wäre.[1] Man hat hiezu die nach Mass und Verlauf der Ansteigungen des See's die grössten Verschiedenheiten aufweisenden Jahrgänge 1865, 1866, 1867, 1868,

[1] Das Verfahren war nun sehr einfach; z. B. ausgehend vom 5. März 1876 (Blatt X, Fig. 2):

5. März.	Wirklicher Wasserstand am Steiner Pegel		10 Fuss,	
	entsprechende Ausflussmasse nach Fig. 5, Blatt VI, einfache Linie	375 cbm,		
	in Folge der vorangegangenen Wirkung der Ausflussregulirung wäre der Wasserstand gesenkt gewesen auf den Stand von		10,35 Fuss,	
	entsprechende Ausflussmasse nach Fig. 5, Blatt VI, schraffirte Linie	510 cbm,		
	also Mehrausfluss pro Secunde	135 cbm,		
	in Folge dessen Senkung des Seespiegels innerhalb 24 Stunden, nach Tabelle, Anlage VI, ...		0,072 Fuss,	
	hiezu die Senkung vom 4. bis 6. März 10,35 — 10 = .		0,350 „	
	Totalsenkung . . .			0,422 Fuss.
5. März.	Wirklicher Wasserstand . .		9,900 Fuss,	
	hiezu Senkung vom 5. bis 6. März		0,422 „	
	veränderter Wasserstand .		10,322 Fuss.	
	Dem Wasserstand von 9,9 Fuss entsprach eine Ausflussmasse von (Fig 5, Blatt VI, einfache Linie)	385 cbm,		
	dem veränderten Stande von 10,322 Fuss hätte eine solche entsprochen von (Fig. 5, Blatt VI, schraffirte Linie)	515 cbm,		
	also Mehrausfluss . .	130 cbm.		
	Derselbe bedingt nach Tabelle Anlage VI auf den folgenden Tag eine Senkung des Seespiegels von			0,069 Fuss
	Totalsenkung auf den 7. März . . .			0.491 Fuss

u. s. f.

1869, 1870, 1875 und 1876 gewählt. Hieraus sind die graphischen Darstellungen Blatt VII, VIII, IX und X entstanden, zu deren Erklärung wenige Worte genügen.

Jedes Blatt enthält 2 Figuren — zwei Jahrgänge. Die beiden oberen Curven jeder Figur geben die in üblicher Weise aufgetragenen Wasserstandscurven des betreffenden Jahres vom Pegel zu Constanz — ausgezogene Linie — und vom Pegel zu Stein — gestrichte Linie —. Beide Curven beziehen sich auf die seitwärts gezeichnete Pegelscala, indem sie zugleich in dem der relativen Höhendifferenz der beiden Wasserspiegel entsprechenden Abstande aufgetragen sind. Die dritte Curve — strichpunktirte Linie — stellt die den Wasserständen entsprechenden Ausflussmengen dar, bezogen auf den je auf der linken Seite der Figur von 0 bis 500 cbm eingetragenen Massstab für die Abflussmengen als Ordinaten. Die vierte Curve — gestrichte Linie — endlich zeigt die Bewegungen des Wasserspiegels des Rheins am untern Ende der Regulirungsstrecke bei dem Interimspegel No. 26, rechtes Ufer. Lediglich der Raumersparniss wegen sind die Ordinaten dieser letzteren Curve nur in der halben Grösse der Ordinaten der Wasserstandscurven des Constanzer und des Steiner Pegels aufgetragen.

Die durch Schraffirung kräftiger hervorgehobenen Linien geben dann jeweils die Aenderung, welche die betreffenden Curven erfahren hätten, wenn die projectirte Regulirung des Seeausflusses ausgeführt gewesen wäre. —

Bevor wir nun die Resultate dieser Darstellungen näher betrachten, werfen wir noch einen prüfenden Rückblick auf die Elemente unseres Ermittelungsverfahrens, soweit etwa ihre Verlässlichkeit angezweifelt werden könnte.

Was zunächst die Wasserstandscurven von Constanz und Stein anbelangt, so beruhen diese auf täglichen Beobachtungen und den hierüber bestehenden amtlichen Aufzeichnungen. Die Sicherheit dieser Statistik wird erfahrungsgemäss durch die Wellenbewegungen des Wasserspiegels sowie durch die von der Individualität des Beobachters abhängenden Ablesungsfehler beeinträchtigt. Im Allgemeinen darf angenommen werden, dass die hier benützten Pegeltabellen auf etwa 5 ctm genau sind; erheblichere Störungen als Folge anhaltender kräftiger Winde oder grössere Beobachtungsfehler waren durch die Vergleichung mit anderen Bodenseepegeln unschwer zu berichtigen.

Die zweite wichtige Grundlage unserer Lösung des Problems bildet die Scala der Seeausflussmengen. Dass bei den Strommessungen zu Constanz von 1875—76 mit aller erdenklichen Sorgfalt verfahren worden, muss nach dem, was in obigem Abschnitte hierüber angeführt ist, wohl zugegeben werden, und es dürfen die Ergebnisse jener Operationen desshalb auch gewiss auf Vertrauen in ihre Richtigkeit Anspruch machen. Wenn Strommessungen, die gleichfalls zur Zeit des Hochwassers von 1876 in dem Rhein zunächst bei Schaffhausen durch einen sachkundigen Operateur ausgeführt worden sind, eine etwas grössere Wassermasse, als sie in dem Durchflussprofil bei

Constanz gefunden worden ist, ergeben haben, so erklärt sich dies einmal aus dem Grössenunterschied des Niederschlagsgebietes, der in jenen Tagen abnormer Regenfälle wohl zu einiger Geltung kommen musste, dann aber und insbesondere aus dem weniger ängstlichen Operationsverfahren. Dasselbe war von jenem bei den Constanzer Messungen beobachteten hauptsächlich darin abweichend, dass bei der Schaffhauser Messung der Flügel nicht normal auf die Fläche des Querprofiles festgestellt und selbst nicht in der Fläche des Profiles festgehalten, sondern, mit Steuerruder versehen, freispielend an einem durch Gewicht beschwerten Drahte hängend auf- und abwärts bewegt wurde.[1] Berücksichtigt man, dass bei der Messung in Schaffhausen wohl die Absicht vorlag, dieselbe rasch und mit möglichst geringem Kostenaufwande durchzuführen, so war das gewählte Verfahren gewiss sinnreich, praktisch und im Allgemeinen wohl dem Zweck entsprechend; unzweifelhaft musste aber das freie Spiel des Flügels um seine verticale und horizontale Achse, sowie auch die Ablenkung desselben durch die Strömung aus der Querprofilsfläche Fehler ergeben, die, wenn auch für die Einzelbeobachtung klein, die Genauigkeit der Messung doch desshalb beeinträchtigen mussten, weil sie dieselbe alle nach ein und derselben Richtung beeinflussten, sich also summirten: es resultirten für die mittleren Wassergeschwindigkeiten grössere Werthe als zur Bestimmung der wirklichen Wassermasse in das Produkt a . v eingeführt werden durften.

Die Zunahmen des Niederschlagsgebietes sind nun allerdings bei der Uebertragung der Wassermassenscala des Constanzer Durchflussprofiles auf jenes von Stein auch vernachlässigt und ebenso die kleinen Schwankungen der Differenzen der Wasserstände an den beiden genannten Pegeln, soweit sie als Folge der Verschiedenheit der Capacität der Abflussprofile bei extremen Wasserständen zu beobachten sind. Wie aber damit immer nur ein sehr geringer Fehler begangen werden kann, ist oben schon gezeigt worden. Wenn er indess auch das eine oder andere Mal eine messbare Grösse erreicht hätte, so beträfe dies immer nur die Wasserstände von einigen Tagen und es ist wohl zu beachten, dass ja in dieser Beziehung überhaupt in dem Verhalten der Wasserstandsdifferenzen vom Pegel zu Constanz und jenem zu Stein, zumal bei den hohen und niederen Wasserständen, durch die projectirte Regulirung des Seeausflusses nichts geändert wird. War der Parallelismus in der Bewegung der Spiegel des Untersee's und des oberen See's bisher (seit Beseitigung der Stauwerke zu Constanz) bei den extremen Wasserständen um einige Centimeter gestört, so wird dies eben in der Folge für die niederen Wasserstände ganz, für die hohen wenigstens annähernd ebenso bleiben. Im schlimmsten Falle aber bleibt der Fehler der mit der Annahme eines constanten Höhenunterschieds der beiden Wasserspiegel gemacht worden, immer noch innerhalb derjenigen Grenzen der Genauigkeit, von welchen

[1] Das Verfahren ist in der Schrift: „Der hydrometr. Flügel v. J. Amsler-Laffon, Schaffhausen 1877" näher beschrieben.

bei den gewöhnlichen Wasserstandsablesungen überhaupt nur noch die Rede sein kann.

In Frage könnte sodann gestellt werden, ob es durch die Ausführung gelingen wird, die Neigungen der Wasserspiegel genau so herzustellen, wie sie in die Berechnung eingeführt wurden. Dass dies hinsichtlich des Gefälles in dem Steiner Profil wahrscheinlich nicht ganz zutreffen wird, ist oben schon zugegeben, aber auch nachgewiesen worden, dass die möglichen Abweichungen nur in einem dem Zweck und den Bedingungen der Regulirung günstigen Sinne wirken könnten. Bezüglich der Strecke zwischen Stein und dem Interimspegel No. 1 oberhalb Stiegen ist zwar kaum einzusehen, wesshalb das im Project angenommene Wasserspiegelgefälle sich — nöthigenfalls durch entsprechende Modification in der Gestaltung und Grösse der Profilerweiterung über, beziehungsweise der Profileinschränkung unter der zu conservirenden Wasserstandshöhe — nicht soll erzeugen lassen. Wenn dies aber auch nicht für alle Wasserstände vollständig gelingen würde, so könnte es sich doch wieder nur um solche Differenzen des Gefälles, wie sie zwischen Oberstaad und Stein bisher schon vorgekommen sind, d. i. um höchstens 3 Centimeter handeln, um welche der Seespiegel gegenüber jenem des Rheines bei Stein zeitweise mehr oder minder gesenkt würde.

Ferner möchte eine Rechtfertigung darüber noch am Platze sein, dass in unseren Berechnungen die Fläche des Untersee's mit jener des oberen See's schlechthin als ein Ganzes und weiter angenommen ist, dass sich die Wirkung des veränderten Seeausflusses jeweils sofort und ungeschmälert auf den oberen See in seinem totalen Umfange ausdehne. Sie ist nicht schwer zu liefern.

Jede Senkung des Unterseewasserspiegels hat sofort eine Vermehrung des Gefälles im Rhein bei Constanz zur Folge, demnach auch vermehrten Abfluss des oberen See's und Senkung des letzteren. Dabei ist der Vorgang wieder der einer Differentialbewegung, d. h. die Wirkung auf den Obersee beginnt alsbald mit der geringsten Senkung des Unterseewasserspiegels. Ob aber der frühere Niveauunterschied beider See'n erhalten bleibt, hängt davon ab, ob das Abflussprofil von Constanz genügt, die vermehrte Wassermasse ohne erhebliche Ansteigung des Wasserspiegels abzuführen, oder welches Mass der Vermehrung der Druckhöhe hiezu erforderlich ist. Dabei kommen gegenüber dem Zwecke des Unternehmens hauptsächlich die Hochwasserstände in Betracht.

In der Culmination des bedeutenden Hochwassers von 1876 — um gleich ein extrem ungünstiges Beispiel zu wählen — ist der Wasserstand von 1,3 Fuss am Constanzer Pegel a. Sc. erreicht worden. Hätte die Regulirung des Seeausflusses damals schon bestanden, so wäre nach der graphischen Darstellung auf Blatt No. X der Wasserstand von 3,6 Fuss am Pegel nicht überstiegen worden. Es frägt sich also, welche Erhöhung dieses letzteren Wasserstandes erforderlich gewesen wäre, um die gleiche Wassermasse abzuführen, wie sie bei dem höheren Stande von 1,3 Fuss am Pegel wirklich abgeflossen ist.

Diese Wassermasse beträgt nach der Scala in Fig. 2, Blatt V 1035 cbm in der Secunde, die entsprechende Querprofilsfläche 1163,02 qm, somit

$$v = \frac{Q}{a} = 0,890.$$

Es ist

$$v = \sqrt{2\,gh};\ g = 9,8089$$

somit

$$h = 0,04037\ m,$$

d. i. die zur Abführung von 1035 cbm erforderliche Druckhöhe.

Für den gesenkten Wasserstand ist nach der Darstellung in Blatt X

$$Q = 1050\ cbm;\ ferner\ a = 1069,35\ qm,$$

also

$$v = \frac{Q}{a} = 0,9842,$$

hieraus wie oben h =	0,05017 m
hievon ab obige	0,04037 m
bleiben . . .	0,0098 m,

oder rund ein Centimeter als die nöthige Vermehrung der Druckhöhe und als diejenige Grösse, um welche der Spiegel des oberen See's sich weniger gesenkt haben würde als der des Untersee's; — ein so geringes Mass zeitweiser Niveaudifferenz, dass man wohl berechtigt war, von derselben ganz abzusehen und anzunehmen, dass die Wirkung des vermehrten Ausflusses des Untersee's sich dem oberen See unvermindert mittheilen werde.

Endlich könnte ein Mangel unseres Rechnungsverfahrens in der Vernachlässigung der Variation der Grösse der Seefläche mit wechselndem Wasserstande gefunden werden wollen. Wie gering aber der Einfluss der Zu- und Abnahme der Seefläche bei steigendem und bei fallendem Wasserspiegel anzuschlagen, ist schon bei der Erörterung über die Seeretention erwähnt worden. Daher konnte auch die Grösse f, wie die Aenderung der Seegrösse dort bezeichnet ist, aus unserer ohnedies ziemlich complicirten Rechnung füglich wegbleiben und dies um so mehr, als dadurch die Resultate keineswegs günstiger werden konnten, als sie in Folge der variablen Flächenausdehnung des See's in Wirklichkeit sich einstellen müssten. Denn, ist die Seefläche bei Beginn der Hochwasserperiode etwas kleiner als unser Mass von 540 qkm, so muss die Regulirung des Ausflusses dem entsprechend auch etwas kräftiger zur Wirkung kommen, als nach der Berechnung, minder kräftig aber bei hohem Seestande, wenn die Seefläche jenes Mass überstiegen hat. Für die Senkung der Seehochwasserstände wird dadurch augenscheinlich wenig geändert; für die Einhaltung der Schaffhauser Bedingung aber kann die Ausdehnung der Seefläche bei Hochwasser lediglich nur günstig wirken. Allein auch für die Erfüllung der Niederwasserbedingung ist es nur vortheilhaft, wenn die Seefläche bei den niederen Wasserständen in Wirklichkeit kleiner ist, als in der Rechnung angenommen. Denn je kräftiger die Regulirung bei den minder hohen Wasserständen wirkt, um so rascher

wird am Ende der Hochwasserperiode das unverändert belassene Niederwasserprofil der Stiegener Enge wieder in Function treten. Damit wird an Zeit gewonnen, um jenes bei Beginn der Anschwellung in Folge der Profilerweiterung bei Stiegen mehr abgeflossene Wasserquantum wieder im See ansammeln zu lassen, bevor dieser in seinen niederen Beharrungszustand eintritt.

Wäre also die Zu- und Abnahme der Seefläche in unserer Rechnung berücksichtigt worden, so hätten eher günstigere Resultate erhalten werden müssen, als jetzt der Fall ist. —

E. Resultate.

Aus den graphischen Darstellungen Blatt VII, VIII, IX und X ergibt sich nun Folgendes:

1. In Bezug auf die Hochwasserstände.

Verstehen wir unter diesen im engeren Sinne die Culminationen der periodischen Sommeranschwellungen des See's und verfolgen wir die Veränderungen, welche — die jetzt projectirte Regulirung des Seeabflusses ausgeführt vorausgesetzt, — in den einzelnen Jahren sich ergeben hätten, so erhalten wir aus der Vergleichung der wirklichen und der regulirten Wasserstandscurven des Constanzer Pegels (a. Sc.) nachstehende Relationen:

	1865.	1866.	1867.	1868.	1869.	1870.	1875.	1876.
Wirklicher höchster Wasserstand	7,30	5,20	3,10	3,40	5,90	7,38	4,20	1,30
Regulirter höchster Wasserstand	8,65	7,45	5,50	5,65	7,75	8,20	6,53	3,60
Differenz in Fuss	— 1,35	— 2,25	— 2,40	— 2,25	— 1,85	— 0,82	— 2,33	— 2,30
Senkung in Centimeter .	40,5	67,5	72,0	67,5	55,5	24,6	69,9	69,9

In denjenigen Jahren also, in welchen der See den 60jährigen Durchschnitt der Sommermaxima (vergl. Blatt IV, Fig. 2) von 4,6 Fuss (4,62 m n. Sc.) überstiegen hat, nämlich 1867, 1868, 1875 und 1876 wäre eine Senkung des höchsten Wasserstandes von 67,5 bis 72 Centimeter erzielt worden, während in den übrigen Jahren, in welchen der Seestand jene Höhe, die wir oben als normales Maximum bezeichnet haben, überhaupt nicht erreicht hat, wie 1865, 1866, 1869 und 1870 die Senkung in der Culmination 67,5 bis 24,6 cm betragen hätte und zwar annähernd je in dem Masse weniger, je mehr der höchste Stand unter dem normalen Maximum geblieben ist. In den erstgenannten Jahrgängen dagegen gibt der Grad der Raschheit der Ansteigung des Wassers für das Mass der Senkung in der Culmination den Ausschlag.

Als Summe der successiven Minderansteigungen während der Zeit des Wachsens des See's wird die Senkung in der Culmination um so grösser, je langsamer das Wachsen stattfand, also je länger die bei den minder hohen Wasserständen stärkere Gefällzunahme im Steiner Profil ihre beschleunigende Wirkung auf den Seeabfluss äussern konnte.

Hinsichtlich des Zeitpunktes der Culmination hätte sich durch die Ausflussregulirung in den Jahren 1866, 1867, 1868, 1869, 1875 und 1876 keine Aenderung ergeben; dagegen wäre der höchste Seestand im Jahre 1865 statt am 27. am 6. August, im Jahre 1870 statt am 4. Juni am 27. Mai und statt am 16. am 14. August eingetreten. In diesen beiden Jahren war das Verhalten des Bodenseespiegels ein aussergewöhnliches. Im Jahr 1865 erhob sich der See in der zweiten Hälfte des Monates April auf die Mittelwasserhöhe, erhielt sich bis Mitte Juni auf diesem Stande, trat im Juli wieder zurück und erhob sich gegen Ende August auf 0,45 m über Mittelwasser, um nun in stetigem Falle auf den niederen Winterwasserstand zurückzugehen. Die kurze raschere Anschwellung zwischen dem 2. und 6. August hat in der veränderten Wasserstandscurve die Culmination zur Folge. Noch eigenthümlicher war die Bewegung des Bodenseespiegels im Jahr 1870. Der See erhob sich hier dreimal, im Juni, im August und im November auf fast gleiche Höhe, nachdem er in der Zwischenzeit jeweils wieder unter den mittleren Wasserstand zurückgegangen war. Der höchste Stand blieb noch etwas unter der Culmination von 1865.

In den übrigen in Blatt VII bis X behandelten Fällen sind die Seeansteigungen in den Jahren 1869 und 1866 so mässig gewesen, dass die Seeanwohner dadurch nicht belästigt waren; auch 1875 blieb die Anschwellung noch unter jenem Wasserstand, bei welchem sich erst erhebliche Nachtheile an den Ufern einstellen; dagegen erreichten die Culminationen der Jahre 1868, 1867 und insbesondere jene von 1876 eine schadenbringende Höhe.

Unsere Untersuchungsreihe schliesst somit die verschiedensten in der Bewegung des Seespiegels vorgekommenen Fälle ein. Es scheint daher auch berechtigt, aus ihren Resultaten auf den von der projectirten Regulirung des Unterseeausflusses zu erwartenden Effect zu schliessen und es ist somit als nachgewiesen zu erachten, dass nach Ausführung des gedachten Regulirungswerks die bedeutenden Hochwasser des Bodensee's um rot. 70 cm weniger hoch ansteigen würden, als bei Belassung des bisherigen Ausflusszustandes.

Der Wasserstand von 4 Fuss am Constanzer Pegel, von welcher Seehöhe an der Wasserschaden erst grössere Dimensionen annimmt, war 1868 an 15, 1867 an 28 und 1876 an 48 Tagen überstiegen. Durch die Regulirung wäre dies in den beiden erstgenannten Jahren ganz verhütet, 1876 aber der höhere Wasserstand auf die Zeitdauer von 15 Tagen beschränkt worden.

Ueber dem mittleren Sommermaximum von 4,6 Fuss Constanzer Pegel (4,62 m n. Sc.) war der See 1875 an 22, 1868 an 26, 1867 an 40 und 1876 an 54 Tagen gestanden. Die Regulirung hätte dies in den drei erstgenannten Jahren ganz verhindert, 1876 aber die Dauer des Seestandes über dem mittleren Maximum auf 30 Tage gemindert.

Es darf also auch angenommen werden, dass jener Hochwasserstand, dessen Uebersteigen die Hochwassercalamität am Bodensee bedingt, sich nach Ausführung der projectirten Regulirung des Seeausflusses nur noch bei solch' ganz aussergewöhnlich grossen Wassermassen, wie sie erst zweimal in unserem Jahrhundert, 1817 und 1876, dem Bodensee zugeflossen und auf seine Fläche niedergefallen sind, einstellen würde und selbst dann nur auf sehr bedeutend kürzere Dauer, als in den beiden gedachten Hochwasserjahren.

Dem Zwecke des Unternehmens, so wie er oben entwickelt worden, wäre also durch unser Project in der Hauptsache genügt, den Wünschen der Seeanwohner in Bezug auf die Tieferlegung der Hochwasserstände in ausreichendem Masse entsprochen. —

2. In Bezng auf die mittleren und niederen Wasserstände.

Die Aenderungen, welche nach den graphischen Darstellungen für die an der Grenze zwischen den mittleren und niederen liegenden, für die Schifffahrtsinteressen kritischen Wasserstände sich ergeben hätten, lassen sich in der folgenden Tabelle übersehen:

Der Wasserstand war niedriger als:		1865.	1866.	1867.	1868	1869.	1870.	1875.	1876.
		Anzahl Tage.							
9' (3,30 m)	wirklich	232	185	119	167	176	208	150	139
	bei regulirtem Abfluss	342	282	232	250	262	324	238	210
10' (3,00 m)	wirklich	194	138	29	99	85	99	82	67
	bei regulirtem Abfluss	224	165	58	126	87	141	99	82

Bei 11 Fuss Constanzer Pegel (2,70 m n. Sc.) zeigen sich keine Aenderungen mehr, so dass also auch der durchschnittliche Niederwasserstand (Blatt IV, Fig. 2), mit welchem die Bodenseeschifffahrt überhaupt schon rechnen muss, nicht alterirt wird.

Die Niederwasserbedingung der technischen Vorberathungscommission wäre aber hiernach ganz nicht erfüllt, indem die Wasserstände unter 3,30 m und auch noch jene unter 3,00 m mehr oder weniger gesenkt, beziehungsweise ihre Dauer verlängert worden wäre.

Die Senkungen wären fast ausschliesslich im Spätjahre eingetreten; sie hätten also in Bezug auf die Nutzung der Riedflächen keinerlei nachtheilige Wirkung erzeugt, dagegen die Gewinnung und Einbringung der Streuerndte sehr wesentlich erleichtert und damit einen Misstand beseitigt, der bisher häufig beklagt worden ist, wenn der See sich von den Streuländern erst in schon vorgerückter Jahreszeit zurückzog, so dass die Schilf- und Binsenstreu vor dem Winter nicht mehr vollständig gemäht und eingebracht werden konnte.

Die Interessen der Schifffahrt aber erscheinen durch diese Senkungen

des Wasserspiegels immerhin etwas bedroht, denn, wenn auch oben nachgewiesen worden, dass die unveränderte Erhaltung der Wasserstände schon von 3,30 m am Pegel n. Sc. abwärts für die Schifffahrt, hauptsächlich für den Verkehr der Segelschiffe an den Landungsplätzen der kleineren Uferorte zwar als wünschenswerth, indess doch nicht gerade als Erforderniss zu betrachten ist, so sind ebendort Senkungen des Wasserspiegels unter 3,00 m am Pegel als unstatthaft bezeichnet worden.

Diese Wirkung der Regulirung des Seeausflusses zu verhüten, sind nun aber in dem Projecte und Kostenüberschlage die Einschränkungswerke bei Stiegen vorgesehen, durch welche die von dem Stiegener Profil ausgehende Retentionswirkung in dem Masse zu steigern ist, dass dadurch der verstärkten Ausflussgeschwindigkeit des Steiner Profiles unter der Seehöhe von 3,30 m mindestens das Gleichgewicht gehalten wird.

Wenn die Einschränkung der Stiegener Enge nicht im Detail projectirt und in den Berechnungen des Ausflussvorganges nicht als vorhanden unterstellt worden ist, so geschah dies nicht allein desshalb, weil das unregelmässige Profil der Stiegener Enge eine irgend verlässliche Berechnung ihrer Durchflussmengen nicht zulässt, sondern weil man in die Möglichkeit, durch diese Massregel dem Zwecke entsprechen zu können, keinen Zweifel setzte und auch, weil man es nicht für ausgemacht hielt, dass die Massregel überhaupt nöthig werden wird.

Es lassen sich nämlich stichhaltige Gründe dafür anführen, dass, so sorgfältig die rechnungsmässige Untersuchung über die Wirkungen der projectirten Regulirung des Seeausflusses auch behandelt worden ist, der Verlauf der veränderten Wasserstandsbewegungen gerade nur bei den hier in Rede stehenden Seehöhen in Wirklichkeit ein etwas anderer und zwar im Sinne der Niederwasserbedingung günstigerer sein wird, als er aus dem Rechnungsverfahren resultiren konnte. Der störende Einfluss des sprungweisen Rechnungsverfahrens von Tag zu Tag ist durch die oben beschriebene vermittelnde Bestimmung der Variationen des relativen Gefälles für den Ausflussvorgang, soweit er durch die vermehrte Geschwindigkeit in dem Steiner Profil bestimmt wird, beseitigt worden; er kommt aber immer noch zur Geltung, wenn sich die Schwankungen des Seespiegels in jener Höhe bewegen, in welcher die Wirkung der Stiegener Enge bei wachsendem Wasser verschwindet und bei fallendem Wasser wieder beginnt. So wie die Rechnung geführt worden, ergibt sich beispielsweise für einen gewissen Tag Ueberschwemmung der Fluthvorländer bei Stiegen, hieraus ein verstärkter Abfluss, Senkung des Seespiegels. Durch letztere werden die Fluthvorländer nun aber wieder wasserfrei, der Ausfluss vermindert sich nochmals, der See beginnt wieder zu steigen, inundirt nun abermals die Fluthvorländer, und so kann sich das Spiel mehrmals wiederholen, bis die Bewegungen des Wasserspiegels den Wirkungsbereich des erweiterten Stiegener Profiles verlassen haben. Hieraus haben sich denn auch die in den Wassermassencurven unserer graphischen Darstellungen, Blatt VII bis X, auffallenden schroffen Oscillationen ergeben, die auch wieder in den Wasserstandscurven des Constanzer Pegels merkbar

sind und hin und wieder die Senkungen unter den 10. Fuss (3 m n. Sc.) zur Folge haben. So kann aber in Wirklichkeit der Ausflussvorgang nicht stattfinden und er würde auch aus der Rechnung sich anders ergeben, wenn statt mit dem täglichen Wechsel des Wasserstandes und der Ausflussgrössen mit den unendlich kleinen Grenzwerthen der Aenderungen in Wasserhöhe und Ausflussmenge hätte gerechnet werden können. Thatsächlich muss auch hier der Verlauf der Aenderungen ein stetiger sein, und werden sich die Minima und Maxima an den betreffenden Stellen unserer Wasserstands- und Ausflusscurven in dem Uebergang der höheren in die niederen Wasserstände in der Natur nicht einstellen.

Ferner sei hier daran erinnert, dass auch der in der Rechnung nicht berücksichtigte Umstand, dass die Seefläche bei den niederen Wasserständen kleiner als bei den höheren, für die Einhaltung der Niederwasserbedingung ein günstiger ist.

Für die niederen Wasserstände des oberen See's kommt aber noch als ganz wesentlich in Betracht, dass an dem für diese Wasserstände massgebenden Ausflussprofil bei Constanz, speciell jenem an dem Leuchtthurme daselbst, ja nichts geändert werden soll. Wenn schon, allen den früheren Befürchtungen entgegen, die Beseitigung der Stauwerke bei Constanz und die dadurch bewirkte bedeutende Erweiterung des Abflussprofiles eine Senkung der niederen Wasserstände des oberen See's in irgend erheblichem Masse nicht zur Folge gehabt hat, um wie viel weniger ist dies jetzt von der Regulirung der Rheinstrecke bei Stein zu besorgen!

Dem sei indess, wie ihm wolle; — in der Einschränkung des Niederwasserprofiles der Stiegener Enge hat man das Mittel in der Hand, diesem der Schifffahrt drohenden Nachtheile zweifellos wirksam zu begegnen, und es steht auch kein Bedenken im Wege, diese Werke gleichzeitig mit der Ausführung der übrigen Arbeiten anzuordnen, denn der Effect kann in jedem Falle für die Schifffahrt auf dem Bodensee nur vortheilhaft sein. Dem Zwecke des Unternehmens aber würde dadurch kein Eintrag geschehen, indem die Wirkung der Erweiterung des Stiegener Profiles durch entsprechend grössere Breitenausdehnung der Fluthvorländer ohne Tieferlegung derselben nöthigenfalls verstärkt werden kann, und indem dabei überhaupt nur die etwas grössere oder geringere Neigung des Wasserspiegels zwischen Oberstaad und Stein in Frage steht, die in unserem Projecte eine entscheidende Rolle nicht spielt. —

3. In Bezug auf die Schaffhauser Bedingung.

Der technischen Vorberathungscommission ist das Material, das nothwendig gewesen wäre, um die Wirkung der projectirten Regulirung des Seeausflusses auf die Wasserstände des Rheines bei Schaffhausen an den dortigen Abflussprofilen nachzuweisen, nicht zu Gebot gestanden. Aus den Durchflussmassencurven, sowie den Wasserstandscurven für den Interimspegel Nr. 26 in unseren graphischen Darstellungen lässt sich diese Wirkung aber doch schon mit ziemlicher Sicherheit beurtheilen.

Durch Zusammenstellung der grössten secundlichen Ausflussmengen, wie sie nach der Constanzer Strommessung zur Zeit der Culmination des See's aus demselben ausgeflossen sind, und jener Maximalwassermengen, wie sie bei Stein in der Secunde durchgeflossen wären, wenn in dem betreffenden Jahre die Regulirung des Seeabflusses ausgeführt gewesen wäre, erhalten wir folgende Tabelle der Maximalausflussmengen pro Secunde:

	1865.	1866.	1867.	1868.	1869.	1870.	1875.	1876.
	cbm	cbm	cbm	cbm	cbm	cbm	cbm	cbm
Wirklicher Zustand	437	625	850	820	565	430	715	1035
Regulirter Zustand	520	655	850	840	620	565	725	1050
Mehrausfluss als Folge der Regulirung	83	30	—	20	55	135	10	15

Diese Mehrausflussmengen hätten in den Maximalwasserständen an der Stelle des Pegels Nr. 26 Erhebungen erzeugt wie folgt:

	1865.	1866.	1867.	1868.	1869.	1870.	1875.	1876.
Wirklicher höchster Wasserstand in Fuss	6,30	4,05	1,90	2,10	4,80	6,40	3,20	0,10
Veränderter höchst. Wasserstand in Fuss	5,30	3,75	1,90	1,90	4,20	4,80	3,00	— 0,10
Differenz in Fuss	1,0	0,30	0,00	0,20	0,60	1,60	0,20	0,20
Erhebung in Centimeter .	30	9	0	6	18	48	6	6

Dabei fallen die Maxima der Ausflussmengen des veränderten Zustandes für die Jahrgänge 1866, 1867, 1868, 1869, 1875 und 1876 mit dem Zeitpunkte der wirklich stattgehabten Culmination der Wasserstände zusammen; nur in den Jahrgängen 1865 und 1870 ergeben sich gleich bei Beginn der Seeanschwellung Ausflussmengen als Folge der Regulirung, die grösser sind, als die dem wirklich stattgehabten höchsten Seestande dieser Jahre entsprechenden. Das Verhalten der Wasserstände von 1865 und 1870 war aber, wie oben schon bemerkt, ein ganz ungewöhnliches, indem der See damals im Sommer sich nur wenig über den mittleren Jahreswasserstand erhob und das Sommerhochwasser so zu sagen ausgeblieben ist. Diese beiden Jahre sind es nun auch, welche in den graphischen Darstellungen allein mit einer bedeutenden Steigerung der der Culmination der Wasserstandscurven entsprechenden Ausflussmassen und damit correspondirenden Hebung des Wasserstandes unterhalb der regulirt gedachten Rheinstrecke erscheinen. Aus der vorstehenden Tabelle ersehen wir aber, dass trotzdem die Ausflussmengen und die Wasserstände in beiden Jahren weit unter den entsprechenden Werthen des wirklichen Zustandes der Jahrgänge 1869 und 1866 geblieben

wären, in welch letzteren Jahren in Schaffhausen ebensowenig als am Bodensee erhebliche Nachtheile durch hohe Wasserstände eingetreten waren. Desshalb ist auch mit Sicherheit anzunehmen, dass für Stadt und Canton Schaffhausen sich keine üblen Folgen ergeben hätten, wenn in den beiden gedachten Jahren (1865 und 1870) der Seeausfluss die Aenderungen erfahren hätte, wie sie aus unseren graphischen Darstellungen resultiren. Auch in dem Jahre 1869 ist der Wasserstand des Bodensee's und damit der des Rheins bei Schaffhausen noch unter dem normalen Sommermaximum geblieben, und an dem Interimspegel Nr. 26 hätte der Wasserstand dieses Maximum ungeachtet der Mehrausflussmengen in der Culmination von 55 cbm nur so wenig und höchstens auf die Dauer von 1 bis 2 Tagen überschritten, so dass es bei Schaffhausen schwerlich noch merkbar geworden wäre.

Schon bei der etwas höheren Culmination von 1866 mit 5,20 Fuss am Constanzer Pegel hätte die Vermehrung der Ausflussmenge nur noch 30 cbm pro Secunde und die Hebung des Wasserspiegels an dem Pegel Nr. 26 nur 9 cm betragen; es wäre somit das normale Sommermaximum, entsprechend 4,6 am Constanzer Pegel, nicht erreicht worden.

Was nun jene Jahrgänge anbelangt, in welchen der Wasserstand eine für die See- und Rheinanwohner nachtheilige Höhe erreicht hat, so finden wir, dass die durch die Regulirung bedingten Mehrausflussmengen im Zeitpunkte der Culmination in den Jahren 1868, 1875 und 1876 nur noch 20, 10 und 15 cbm, die correspondirenden Erhebungen des Wasserspiegels an dem Pegel Nr. 26 nur noch 6 cm betragen hätten, im Jahr 1867 aber die Ausflussmenge in der Culmination gar nicht verändert worden wäre. In letzterem Jahre wäre also der Schaffhauser Bedingung, so wie sie in der Conferenz von 1873 gefasst worden, ihrem strengen Wortlaute nach entsprochen gewesen. Allein die Erfüllung dieser Bedingung darf wohl auch von den Jahrgängen 1868, 1875 und 1876 angenommen werden, denn die Mehrausflussmengen während der Culmination und die Erhebungen des Wasserspiegels am unteren Ende der projectirten Rheinregulirung sind nur sehr unbedeutend, und es ist zudem fraglich, ob ein kurz dauerndes Wachsen des Wassers oberhalb Diessenhofen von nur 6 cm in dem Rhein bei Schaffhausen noch eine messbare Erhebung des Wasserspiegels hervorzubringen im Stande wäre. Die Vergleichung einer Reihe von Anschwellungen am Pegel zu Stein mit jenen zu Schaffhausen hat nämlich ergeben, dass die Erhebung des Wasserspiegels an letzterem ausnahmslos geringer ist, und zwar nach dem Durchschnitt der Jahre 1868 bis 1876 um circa 20 %. Bei den einzelnen Hochwasserperioden betragen die totalen Minderansteigungen des Rheines in Schaffhausen zwischen 16,4 und 27 %.

Indessen werden, wenn nicht schon allein die Berücksichtigung der für Schaffhausen vortheilhaften Momente, nämlich die Curvenform der Gefällslinie in der Regulirungsstrecke und die Variation der Grösse der Seefläche ein günstigeres Rechnungsresultat lieferten, sicherlich minime Modificationen unseres Projectes ausreichen, um die Schaffhauser Bedingung auch für die ebengenannten Jahrgänge erfüllt zu sehen. Für solch' aussergewöhnliches

Verhalten der Wasserstände, wie es 1865 und 1870 statthatte, ist dies freilich nicht möglich. Allein das Resultat unserer Untersuchung für diese Jahrgänge steht auch nur mit dem Wortlaute, nicht mit der inneren Absicht jener Bedingung im Widerspruch, indem ja auch in diesen beiden Fällen die Regulirung des Seeausflusses zwar wohl eine Erhebung der Wasserstände in Schaffhausen, aber nicht in einem für die Interessen der Rheinanwohner schädigenden Masse zur Folge gehabt hätte.

Ob nun aber diese Erhebung, die die Bezeichnung eines Hochwassers nicht verdient, sowie jene relativ höheren Wasserstände, die sich als Folge des Mehrausflusses aus dem See vor und nach der Culmination auch in den übrigen von uns untersuchten Jahrgängen im Rheine bei Schaffhausen eingestellt hätten, etwa für die industriellen Interessen dieser Stadt von Nachtheil gewesen wären, dies zu entscheiden, müssten die hiebei in Betracht kommenden örtlichen Verhältnisse zunächst einer einlässlichen Prüfung unterzogen werden, welche Prüfung denn auch in den Conferenzprotokollen der technischen Vorberathungscommission wiederholt als eine nöthige Ergänzung der Vorarbeiten bezeichnet worden ist, bis daher aber nicht zum Vollzug hat gelangen können.

Wenn demnach auch hier auf die Erörterung der Frage, welchen Einfluss die Aenderungen des Seeausflusses bei den minder hohen Wasserständen auf die Interessen von Stadt und Canton Schaffhausen äussern dürften, nicht näher eingegangen werden kann, so mag doch noch auf Eines hingewiesen werden: auf die Möglichkeit einer Verbesserung der Abflussverhältnisse des Rheines in Schaffhausen selbst.

So sehr es der allgemeinen Sachlage angemessen erscheint, wenn Schaffhausen'scherseits peinlich gesorgt wird, dass durch die Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's jene des Rheines bei Schaffhausen nicht vergrössert oder in ihrer Dauer verlängert werden, so wenig scheinen die niedrig gelegenen Stadttheile von Schaffhausen seither Gegenstand ängstlicher Rücksicht gewesen zu sein. Das am unteren Ende der Stadt das ganze Rheinbett quer durchziehende grosse feste Wehr der Wasserwerke, die Form der steinernen Transmissionspfeiler, die dem fliessenden Wasser eine breite Fläche entgegensetzen, eine auf Pfahlwerk errichtete grosse Badeanstalt, deren Boden und Verschalung unter den Hochwasserspiegel eintauchen, die Verschüttung des Rheinbettes an der Ausmündung des Stadtbaches und manche kleinere Einbauten an den Ufern, ja schon die Construction der Schaffhausen mit Feuerthalen verbindenden Strassenbrücke liessen keineswegs vermuthen, dass hier ein nicht unbeträchtlicher Theil der Stadt der Hochwassercalamität exponirt ist. Desshalb wird es aber auch leicht möglich sein, durch Beseitigung oder entsprechende Aenderung der künstlichen und natürlichen Abflusshindernisse, wie z. B. durch Herstellung von Fluthschleusen in dem genannten Wehr, durch Räumung des Flussbettes von Schuttanhäufung u. dergl. den jetzt gestauten Hochwasserspiegel wieder zu senken, und zwar in ausgiebigerem Masse, als durch die Regulirung des Bodenseeausflusses eine Erhöhung dieses Wasserspiegels allfällig erzeugt werden könnte. —

Nach Erwägung all' dieser Verhältnisse kam die technische Vorberathungscommission in ihrer Conferenz von 1877 zu dem Schlusse, dass durch das vorgelegte und correct befundene Project

1) die angestrebte Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's erreicht würde,
2) dass es durchaus keinen Schwierigkeiten unterliegen werde, bei der Ausführung des Projectes für die Conservirung der mittleren und niederen Seestände, soweit es das Interesse der Schifffahrt verlangt, zu sorgen, und
3) dass durch die projectirte Regulirung des Seeausflusses die schadenbringenden Anschwellungen des Rheines bis Schaffhausen nicht vermehrt würden, wenigstens nicht in solchem Grade, dass davon ein nennenswerther Nachtheil zu gewärtigen oder dass es nicht möglich wäre, nöthigenfalls durch geeignete nicht besonders schwierige Massregeln in Schaffhausen selbst der etwaigen Hebung der Hochwasserstände wirksam zu begegnen. —

F. Kostenaufwand und Nutzen des Unternehmens.

Der für die gesammte Durchführung des Projectes muthmasslich erforderliche Aufwand ist auf Grund der bei der Constanzer Conferenz von 1877 vorgelegten Elaborate von der technischen Vorberathungscommission zu 1 440 000 Frcs. festgestellt worden, und zwar ergab sich diese Summe aus folgender, hier nur summarisch anzuführenden Berechnung:

I. Vorarbeiten.		
In der Unterstellung, dass im Falle der Ausführung die bis jetzt von Baden und der Schweiz für die Voruntersuchungen aufgewendeten Kosten in den Gesammtaufwand des Unternehmens einzuwerfen sein werden, und mit Rücksicht auf etwa noch weiter erforderliche Vorarbeiten wurden hiefür angenommen		12 500 Frcs.
II. Bodenentschädigung.		
Es werden erforderlich: 1072,8 ar Wiesen, Ackerfeld und Streuland in den Gemarkungen Eschenz und Stein im Durchschnittspreise von 40 Frcs. pro ar und 22,1 ar Wiesen in Gemarkung Hemmishofen à 60 Frcs., zusammen . . .	44 238 Frcs.	
zu übertragen	44 238 Frcs.	12 500 Frcs.

Uebertrag	44 238 Frcs.	12 500 Frcs.
Für Entschädigung des Armenhauses mit Zubehör in Stiegen, der Fourniersäge im Werd und Versetzen der Steinhauerwerkstätte an der Mündung des Eschenzer Baches wurden fürsorglich angenommen	30 000 „	
Hiezu für Kaufkosten u. dergl. . . .	762 „	
zusammen		75 000 Frcs.

III. Erdarbeiten.

a. Die Herstellung des Fluthvorlandes bei Eschenz erfordert die Bewegung einer Masse von 175 385 cbm von mittlerer Lösbarkeit auf eine Transportweite von circa 350 m, pro cbm 1 Frcs. 30 . .	228 000 Frcs.	
b. Bei Stiegen sind leichter lösbar abzuheben und auf circa 200 m zu bewegen 7970 cbm à 1 Frc.	7 970 „	
c. Die Austiefung des Rinnsales unterhalb Stein ergibt im Ganzen eine Cubatur von 600 000 cbm, wovon circa 50 000 cbm im Trockenen auszuheben, circa 550 000 cbm aber zu baggern sein werden. Erstere Masse ist leicht zu lösen, letztere besteht theilweise aus Kalktuff und losen Steinen. Die Ablagerung kann meist in nächster Nähe in den tiefen Concaven des Flussbettes geschehen, nur der Trockenaushub wird 3 bis 400 m weit zu transportiren sein. Für letztern wurde ein Einheitspreis von 1 Frc. 40, für die Baggerung ein solcher von 1 Frc. 50 angenommen. Mithin ergibt sich für die gesammte Massenbewegung ein Aufwand von	895 000 „	
d. Zugeschlagen wurde noch für Anschaffungskosten (bezw. Amortisation derselben) und Unterhaltung eines Dampfbaggers mit den nöthigen Transportgefässen eine Aversalsumme von	30 000 „	
zusammen		1 160 970 „
zu übertragen		1 248 470 „

		Uebertrag	1 248 470 Frcs.
IV. Fluss- und Uferbauten.			
a. Für Herstellung einer Ufermauer bei Stiegen	3 600 Frcs.		
b. Für Befestigung der Ablagerungen des Aushubes nach regelmässigen Uferlinien	20 000 „		
c. Für Leitwerke zur Regulirung des Flussbettes und des Schiffweges	50 000 „		
d. Fürsorglich f. Herstellung d. Einschränkungsbuhnen bei Stiegen-Eschenz und Beschaffung eines Steinvorrathes hiezu	20 000 „		
e. Für Verbauung und Regulirung des Eschenzer und Stiegener Baches	20 000 „		
zusammen			113 600 Frcs.
V. Bauleitung und Aufsicht.			
Mit Unterstellung einer höchstens dreijährigen Bauzeit und mit Rücksicht auf die Einfachheit der Arbeiten wurden hiefür berechnet			17 500 „
VI. Verschiedenes und Unvorherzusehendes.			
Hiefür wurden, von denselben Erwägungen wie bei Position V ausgehend, circa 4,5 % des Bauaufwandes zugeschlagen, zur Abrundung der Gesammtsumme mit			60 430 „
		Mithin Summe	1 440 000 Frcs.
		oder	1 152 000 R. M.

Mit Rücksicht darauf aber, dass in der gedachten Conferenz eine, wenn auch nicht erhebliche Aenderung der Achse des Rinnsales beim Hoseneck unterhalb Stein durch Näherrücken derselben gegen das Ufer in Vorschlag gebracht worden, und ferner dass hinsichtlich der zu erstellenden Leitwerke ein Detailproject noch nicht vorliegt, wird der Gesammtaufwand des Unternehmens fürsorglich zu rund 1 500 000 Frcs. d. i. 1 200 000 R. M. anzunehmen sein. —

Ist nun der von dem Unternehmen zu erwartende Nutzen thatsächlich so gross, dass er mit diesem beträchtlichen Kostenaufwande noch in angemessenem Verhältniss steht?

Eingehende Untersuchungen nach dieser Richtung sollten den zweiten Theil der Vorberathung des Unternehmens bilden, der aber bis jetzt seiner Wichtigkeit entsprechende Behandlung noch nicht hat finden können. Zwar wurden der Constanzer Conferenz von 1877 mit dem Projecte über die Regulirung des Seeausflusses auch die Resultate von Erhebungen über den muthmasslichen Betrag des Nutzens derselben vorgelegt. Sie bezogen sich

indess, soweit sie überhaupt zu einer rechnungsmässigen Ermittlung Anhalt boten, nur auf die Ufer des Untersee's und führten, wie schon im Eingange erwähnt, insofern zur Verneinung der vorstehenden Frage, als die am Untersee allein sich ergebenden Vortheile den Kostenaufwand für die zur Erzielung derselben erforderlichen Massregeln offenbar nicht lohnten.

Wenn nun das Problem der Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's mit der nöthigen Berücksichtigung aller dabei in Betracht kommenden Interessen durch unser Project als gelöst gelten dürfte oder in anderer Weise etwa seine technische Lösung finden sollte, so wäre dann also noch der Werth der Vortheile, der aus dessen Ausführung resultiren würde, für sämmtliche Ufer des Bodensee's möglichst verlässig festzustellen. Ohne dass dabei heikliche technische Untersuchungen in Frage kommen, ist die Sache doch ziemlich schwierig und wird von vornherein darauf verzichtet werden müssen, der Summe des Kostenüberschlags für die Regulirung des Seeausflusses einen ziffermässigen Betrag des Nutzens der Senkung der Hochwasserstände vergleichend gegenüberzustellen und zwar desshalb, weil viele und wichtige Vortheile des Unternehmens sich in Geldeswerth überhaupt nicht, andere nur unsicher ausdrücken lassen.

Ersteres gilt von all' dem, was auf die Beseitigung jener Uebelstände Bezug hat, die seither bei ausserordentlichen Hochwasserständen die Gesundheitsverhältnisse bedrohten oder schädigten, oder die Annehmlichkeit und Bequemlichkeit des Lebens der Seeanwohner beeinträchtigten. Wenn bei solchen hohen Seeständen die Entwässerungseinrichtungen in den Städten und Ortschaften am See mehr oder minder zu functioniren aufhörten und der Unrath in den Canälen und Gräben sich niederschlug, wenn durch das Steigen des Seihwassers der Inhalt von Kloaken und Latrinen in das umgebende Erdreich, in die Brunnen und in das über die Ufer ausgetretene Wasser sich verbreitete, wenn dann bei Rückgang des See's die unter der heissen Juli- oder Augustsonne in Fäulniss übergehenden unreinen Niederschläge und verwesenden Pflanzen die Luft verpesteten, wenn ferner Wohnungen verlassen werden mussten, durchnässt oder doch feucht geworden, so waren dies gewiss sehr missliche, widerwärtige und in sanitärer Hinsicht bedenkliche Vorkommnisse und Zustände. Ihre Wiederkehr zu verhüten, wäre wohl auch nicht der kleinste Nutzen der Senkung der Hochwasserstände; der ziffermässigen Constatirung entzieht er sich aber vollständig.

Nicht viel anders verhält es sich auch mit den Vortheilen, die sich für Verkehr, Handel und Gewerbe ergeben würden; wenigstens müssten die desfallsigen Erhebungen auf eine sehr grosse Menge von Einzelheiten sich erstrecken, um zu einer auch nur einigermassen brauchbaren Schätzung zu berechtigen.

Die bei den höchsten Seeständen eintretenden Verkehrsstörungen betreffen vornehmlich nur die Communication innerhalb der Ortschaften und auf den Verbindungswegen und Landstrassen. Sie waren in früheren Jahren weit empfindlicher als in der neueren Zeit, nachdem ein sehr beträchtlicher Theil der Uferorte Eisenbahn- und Dampfbootstationen erhalten hat. Indess

wird die Benützung der letzteren bei Hochwasser vielfach erschwert und werden einige geradezu unpracticabel; auch erleidet die Dampfschifffahrt zwischen Constanz und Schaffhausen wegen unzureichender Durchfahrtshöhe unter den Brücken zu Constanz und zu Stein zu Zeiten der höchsten Seestände völlige Unterbrechung.

In den grösseren Häfen sind zwar seit Entfernung der Stauwerke bei Constanz die Quais nicht mehr derart inundirt worden, dass dadurch der Verkehr erheblich belästigt worden wäre. Bei sehr hohen Wasserständen wird jedoch die Benützung der Hafenanstalten, namentlich der Verlade- und Lagerräume da und dort doch erschwert, auch ergeben sich dann leicht Beschädigungen an Holz- und Mauerwerk in den Häfen und an dem Schiffsmateriale, weil die Moli den über die Seefläche streichenden Wind nicht mehr genügend von den Bassins abzuhalten vermögen, die Wellen über die niedrigeren Quais und Landungsplätze sich ausbreiten und namentlich auch die Maerpfähle, ein ziemlich kostspieliger Theil der Hafeneinrichtungen, bei der hohen Lage der Schiffe übermässig in Anspruch genommen werden.

Erhebliche Nachtheile im Gewerbebetriebe treten ein durch das Stauwasser, welches Triebwerke an den Zuflüssen des See's in der Nähe ihrer Mündungen zum Stillstand bringt oder ihre Leistungsfähigkeit einschränkt, sodann durch Ueberschwemmung von Werk- und Lagerplätzen, namentlich auch von Ziegeleien, durch Eindringen des Wassers in Arbeitsräume, in Verkaufs- und Wirthschaftslokale und — sehr einschneidend in die Erwerbsverhältnisse vieler Seeanwohner — durch die Benachtheiligungen des Fremdenverkehres, die nicht ausbleiben, wenn Strassen, Promenaden und Gärten, die Ankleideräume der Badeanstalten, die unteren Räume von Gast- und Miethhäusern unter Wasser stehen, wenn Befürchtungen wegen übeln Folgen des Hochwassers auf den Gesundheitszustand laut oder gar zur Thatsache werden; — ja schon der Anblick der inundirten Ufer und Gebäude ist geeignet, einen unbehaglichen Eindruck hervorzurufen, der den Genuss der Naturschönheiten beeinträchtigt und von längerem Verweilen an den Gestaden des See's abhält. Der Schaden, der hieraus den Besitzern der vielen Gasthöfe, Pensionen Badeanstalten, Vergnügungsorte, den Verkehrsanstalten und einer grossen Zahl von Gewerbsleuten erwächst, deren Verdienst wesentlich durch die Frequenz der Fremdensaison bedingt wird, ist sicherlich nicht unbedeutend.

Was nun den Nutzen der Senkung der Hochwasserstände hinsichtlich des liegenschaftlichen Eigenthums anbelangt, so hängt dieser, soweit es sich um Wohn- und Wirthschaftsgebäude und damit zusammenhängende Anlagen, sowie um gewerbliche Etablissements handelt, mit den eben erwähnten Verhältnissen in vielen Beziehungen innig zusammen. Eine Schätzung der muthmasslichen Werthzunahme solcher Objecte in Folge der Minderung der Hochwassercalamität würde daher auch die Berücksichtigung der Vortheile für Verkehr und Gewerbe, sowie in Bezug auf Gesundheit und auf Annehmlichkeit des häuslichen Lebens verlangen und so ist eine ziffermässige Darstellung auch nach dieser Richtung mindestens schwierig.

Welche namhaften Vortheile in Bezug auf die Benützung und den Werth

von Gebäuden aus der Erniedrigung der höchsten Seestände resultiren müsste, tritt aber doch überzeugend vor Augen, wenn man erwägt, dass in den niedriger gelegenen Uferorten mehrfach ganze Strassen häufiger Ueberschwemmung ausgesetzt, dass die Häuser hier ohne Keller sind, denn die nur 2 bis 3 Stufen unter dem Boden des Erdgeschosses liegenden Gelasse verdienen diesen Namen nicht, dass die unteren Räume der Häuser, die bei Hochwasser verlassen werden müssen, vielfach für gewerbliche Zwecke benützt sind, dass viele Stallungen, Scheunen u. dergl. geräumt werden müssen, dass die Gebäude durch das Wasser Schaden leiden, zumal jene, die hart am Ufer stehend, dem Wellenschlag des See's exponirt sind u. s. f.

Auch sonst ist der Schaden, der bei hohem Seestande und stürmischer Witterung durch den Anprall des Seegewelles an den Ufergrundstücken angerichtet wird, da und dort nicht unerheblich. Ein sehr beträchtlicher Theil der Seeufer ist denn auch durch Schutzbauten künstlich vertheidigt, meist durch senkrechte Mauern, vielfach auch durch buhnenartig angeordnete Dielen- und Pfahlwände, oft durch beides zugleich. Sowohl Herstellung als Unterhaltung dieses Uferschutzes erfordern nicht geringe Kosten, die durch die Rücksicht auf die erhöhte Inanspruchnahme durch die hohen Seestände ganz wesentlich gesteigert werden. Da der Uferschutz am Bodensee aber durchweg den Adjacenten überlassen ist und das Bedürfniss nach solchem je nach Lage und Beschaffenheit der Ufer, wie auch die Ausführung und Instandhaltung der Schutzbauten sehr verschieden sind, so besteht auch betreffs des Kostenaufwandes keinerlei statistisches Material und es würde wieder einer Menge von Detailerhebungen bedürfen, um hierüber nur zu einer ungefähren Schätzung zu gelangen.

Am wenigsten schwierig scheint die Bemessung des Nutzens, der durch die Senkung der Hochwasserstände dem landwirthschaftlichen Gelände zuginge. Wenn Gelände, das jetzt der Inundation ausgesetzt ist, künftig als hochwasserfrei zu betrachten wäre und demnach zu lohnenderer Cultur benützt, Borstwiesen und geringes Streuland in Futterwiesen, Ackerfeld und Gemüseland umgewandelt werden könnten, wenn die Crescenz des jetzt schon bis zum Ufer reichenden Culturlandes, wie auch die vielen Fruchtbäume nicht mehr oder doch seltener als bisher durch hohen Wasserstand geschädigt würden und namentlich auch die Obstbaumzucht noch weiter ausgedehnt werden könnte, so müsste hieraus eine namhafte Wertherhöhung der Ufergrundstücke erfolgen.

Eine Taxation nach dieser Richtung ist denn auch 1876 — versuchsweise — für die Riedflächen am badischen Seeufer durch einen Sachverständigen vorgenommen worden, hat aber zu einem befriedigenden Ergebnisse nicht geführt. Es sind eben hierbei mancherlei Umstände in Betracht zu ziehen, die die Berechnung erschweren. Geht man auch davon aus, dass die Minderansteigung des See's etwa in dem Masse, wie sie sich nach unserer obigen Nachweisung in den Jahren 1867 und 1876 ergeben hätte, als absolute Senkung des Hochwasserspiegels gelten und darauf gerechnet werden dürfte, dass das Niveau des See's, wenigstens so lange sich dessen Regime über-

haupt wesentlich nicht ändert, sich nicht mehr über 3,6 Fuss Constanzer Pegel a. Sc. (4,92 m n. Sc.) und nur selten über 4,6 Fuss (4,62 m) künftig erheben wird, so bleibt das Mass der Zunahme des Verkehrswerthes der durch die Senkung der Hochwasserstände ausser Bereich des Wasserschadens kommenden Grundstücke immer noch fraglich angesichts des Umstandes, dass bisher höhere Wasserstände als die ebengenannten oft in 10jährigen und längeren Perioden nicht, dann wieder in kurzer Aufeinanderfolge wiederholt eingetreten sind und weil erfahrungsgemäss die Bevölkerung jeweils schon bald nach solchen Hochwasserereignissen sich wieder der sanguinischen Hoffnung hinzugeben pflegt, dass dieselben nicht sobald wiederkehren. Dazu kommt speciell hinsichtlich der Riedflächen die Erwägung, dass die Melioration des künftig dem Inundationsgebiete entrückten Geländes noch einen Aufwand an Arbeit und Düngung voraussetzt, wie er bei dem dermaligen Stande der Bevölkerungsdichtigkeit und des landwirthschaftlichen Betriebes der Seegegend nur in grösserem Zeitraume würde geleistet werden können, so dass es also einer längeren Reihe von Jahren bedürfte, bis der Vortheil der Tieferlegung der hohen Seestände nach dieser Richtung zur vollen Ausnützung gelangte.

Die beste Vorstellung des Nutzens, der von der Verhütung der Wiederkehr sehr hoher Wasserstände des Bodensee's zu erwarten wäre, dürfte sich aus der Ermittlung des thatsächlichen Schadens gewinnen lassen, welcher in Folge eines bedeutenden Hochwassers der jüngsten Zeit, wie etwa jenes von 1876, entstanden ist.

Veranlasst durch ungewöhnlich massenhafte Regengüsse erhob sich der Bodensee, der schon Ende Mai die mittlere Sommerwasserhöhe fast erreicht hatte, in den Tagen vom 5. bis 18. Juni jenes Jahres in rascher Ansteigung auf eine Höhe, die dem bekannten höchsten Wasserstande von 1817 bis auf 39 Centimeter nahe kam. Bis zum 12. Juli blieb der Wasserstand mit geringen Schwankungen über 2 Fuss am Constanzer Pegel (5,40 m n. Sc.) und begann jetzt erst langsames Sinken des Wasserspiegels, der dann um Mitte August die gewöhnliche Sommerwasserhöhe wieder erreichte. Während der zweimonatlichen Dauer des Hochwassers sind wenige Uferstrecken von Schaden verschont geblieben; der Umfang desselben war aber entsprechend der verschiedenen Höhenlage und Beschaffenheit der Ufer sehr verschieden. Einen nur flüchtigen Ueberblick auf die Zustände, wie sie während und nach dem Hochwasser die Klage der Seeanwohner bildeten, beginnen wir am badischen Ufer des Untersee's.

Die Ortschaften liegen hier fast überall ausserhalb des Ueberschwemmungsgebietes; nur in einigen Orten der sog. Höri, sowie auf der Insel Reichenau kamen die unteren Räume einer kleineren Anzahl von Wohn- und Oeconomiegebäuden unter Wasser. Die von Radolfzell nach Moos, sowie die vom Festlande nach der Insel Reichenau führenden Strassen waren wochenlang überschwemmt und zwar derart, dass sie auch von Fuhrwerken nicht mehr benützt werden konnten. Diese Störung des Verkehrs war für die Höriorte und die Bewohner von Reichenau um so empfindlicher, als während der

ganzen Dauer des Hochwassers der Betrieb der Dampfschifffahrt auf dem Untersee eingestellt bleiben musste nicht allein, weil die Durchfahrt unter den Brücken zu Constanz und Stein nicht möglich war, sondern auch weil die meisten Landungsanlagen nicht mehr benützt werden konnten. Durch Rückstau war der Betrieb einiger Mühlen unterbrochen beziehungsweise erschwert. An den flach abfallenden Ufern richtete das überall über die Vegetationsgrenze ausgetretene Wasser eine Menge kleinerer Beschädigungen des Culturgeländes und der Uferschutzbauten an. Der grösste Schaden ergab sich aber an den niedrigen Ufergeländen an der Aachmündung, bei Markelfingen, Hegne und Wollmatingen. Fast alle Streuländer waren so rasch tief unter Wasser gekommen, dass die Pflanzen zu Grunde gingen oder doch verkümmerten. Etwa 200 ha bessere Borstwiesen und gegen 200 ha Futterwiesen, Ackerfeld und Gemüseland waren überschwemmt, die Erndte vernichtet, dazu vielfach die Grasnarbe der Wiesen abgestorben und der gedüngte Boden ausgelaugt. Der gesammte Hochwasserschaden an den badischen Unterseeufern mag sich auf gegen 200 000 Mk. beziffert haben.

Am thurgauischen Ufer des Untersee's ist der, wenn auch an sich nicht ganz unerhebliche Schaden an Ufergelände, wie namentlich an dem Obstertrag, der hier eine wichtige Rolle spielt, und an den vielen Ufermauern doch verschwindend gegen die Nachtheile, die sich durch die Inundation der Ortschaften ergeben hatten. Mehrere Wochen lang waren die niedrigeren Ortsstrassen in Gottlieben und Ermatingen, in Berlingen und Steckborn aber die Hauptstrasse (Landstrasse) derart tief unter Wasser, dass der Fuhrwerksverkehr ganz unterbrochen war und die Communication für Fussgänger, die Verbindung von Haus zu Haus durch hölzerne Stege erhalten werden musste. Für die meist wohlhabenden, gewerbetreibenden Einwohner dieser Orte war sodann auch die Einstellung des Dampfschifffahrtsverkehres besonders empfindlich. Sämmtliche Gebäude von Ermatingen-Staad, etwa 60 Häuser in Berlingen und etwa 80 in Steckborn standen im Wasser, so dass mindestens die Räumlichkeiten des Erdgeschosses geräumt werden mussten. In Steckborn traf dies das Postbureau, die Apotheke und viele gewerblichen Zwecken dienende Localitäten, darunter eine Maschinenfabrik und Giesserei, eine Gerberei, Bäckerei u. s. f. Vielfach sah man in den verlassenen Wohnräumen die Böden gegen die Decken abgespriesst, um dem Auftrieb des Holzwerkes zu begegnen. An der Seefront der Häuser aufgestellte Flechtwände sollten den Wellenschlag abhalten, würden aber wohl kaum ihrem Zwecke genügt haben, wenn in der Zeit des Hochwassers ein Sturm von Nord oder Ost eingetreten wäre. In dem Städtchen Steckborn war das in den Strassen und in den Häussern stehende Wasser geschwängert mit Stalljauche, Fäcalien und anderem Unrathe, so dass es auffallen muss, dass nach dem Rückgange des See's die in Flussniederungen in ähnlichen Fällen fast nie fehlenden Fieberkrankheiten hier ausgeblieben sind.

Im Canton Thurgau war sofort nach dem Hochwasser eine Taxation des Schadens durch Experten von der Regierung angeordnet worden, um den nöthigen Anhalt für die in Aussicht genommene Staatsunterstützung der

betroffenen Gemeinden zu erhalten. Für die Unterseeufer ergab die Abschätzung einen Wasserschaden an Liegenschaften im Betrage von rot. 61 000 Frcs., wobei aber die theilweise ebenfalls mittelbar durch den hohen Seestand entstandenen Beschädigungen durch das Austreten der Bäche in den Ortschaften nicht inbegriffen sind. Auch mag mancher Schaden an Gebäuden, Uferanlagen, Fruchtbäumen u. dergl. damals noch nicht zu erkennen gewesen sein.

Wenden wir uns nun nach dem oberen See, so finden wir in Constanz auf der vom Hafen und dem Bahnhofe nach der Rheinbrücke und den grösseren Hôtels führenden Strasse wochenlang stehendes Druckwasser, sowie die schöne Uferstrasse vor der Villenvorstadt Seehausen vom See überfluthet und nicht unerheblich beschädigt, die Abzugscanäle und eine grosse Anzahl Keller in der Stadt mit Stauwasser angefüllt. Es wurden energische polizeiliche Massregeln ergriffen behufs Desinfection der Canäle, wiederholter Entleerung und Reinigung der Kellerräume, Absperrung der Pumpbrunnen u. dergl. m., was aber alles nicht verhüten konnte, dass sich doch eine Anzahl typhöser Krankheitsfälle ergab, deren Causalzusammenhang mit dem hohen Wasserstande zwar vielleicht noch angezweifelt werden könnte, deren mit dem hohen Seestande zusammentreffendes Auftreten aber jedenfalls eine bedenkliche Erscheinung und geeignet war, unter den Seeanwohnern ernstliche Beunruhigung hervorzurufen und den Fremdenzug von der Bodenseegegend abzulenken. In letzterer Hinsicht musste auch die Unbenützbarkeit der Seebadeanstalten und die Einstellung der sonst im Sommer, namentlich auch von Touristen, frequentirten Dampfbootfahrt zwischen Constanz und Schaffhausen überaus nachtheilig wirken. Auch werthvolles Gemüseland und Ackerfeld war in der Umgebung der Stadt am linken Rheinufer inundirt.

Am Ueberlinger See bestund wie am badischen Unterseeufer der grösste Schaden in der Ueberschwemmung der ausgedehnten Niederung am Ausflusse der Stockacher Aach. Etwa 150 ha Wiesen und Ackerfeld standen hier mehrere Wochen lang unter Wasser. In Ueberlingen musste der Zugang zur Dampfbootstation durch Stege offen erhalten werden; auch in Meersburg war die offene Landungsstelle einige Zeit nicht zu benützen. Die südlichen Ufer des Ueberlinger See's sind meist steil und grossentheils bewaldet, die nördlichen auf weite Strecken mit Mauern eingefasst. Mit Ausnahme einiger flacheren Parthien bei der Insel Mainau und an der Ausmündung der Seefelder Aach war daher die Inundation des Ufergeländes nicht von Bedeutung; doch ergaben sich immerhin auch viele kleinere Beschädigungen an den Ufern und Uferschutzmauern, Ausfall von Streuerwachs und Obstertrag. Auch Gemüse- und Hausgärten und einzelne Wohn- und Oeconomiegebäude in den Uferorten litten unter dem lange dauernden hohen Seestande.

Aehnlicher Art waren die Nachtheile an dem badischen Seeufer von Meersburg aufwärts, im württembergischen und bayerischen Gebiete; doch waren an diesem ganzen Uferstrich, mit Ausnahme der Niederung bei Kressbronn, nirgendwo grössere Flächen landeinwärts von Wasser bedeckt. Ein Föhnsturm während des hohen Seestandes hätte aber an diesem Ufer grossen

Schaden an Culturgelände, Gebäuden und Uferanlagen u. dergl. anrichten müssen.

Zwischen Lindau und Bregenz war die dem Ufer entlang angelegte Vorarlberger Bahn, zwar im Planum noch wasserfrei, gleichfalls der Gefahr der Beschädigung durch einen Seesturm in nicht unbedenklicher Weise ausgesetzt. Die Gegend westlich von Bregenz bis zur Rheinmündung bot ein ganz ähnliches Bild wie die thurgauischen Ortschaften und die Riedflächen am badischen Seeufer. Haard und Fussach stunden theilweise im Wasser; der beide Orte verbindende Weg war mehrere Wochen lang unpassirbar.

In ähnlich schlimmer Lage wie Fussach befand sich der St. Gallische Ort Altenrhein und dessen Umgebung. In Rorschach stund das Wasser über den Schienen der schweizerischen Nordostbahn; der Betrieb wurde aber gleichwohl fortgesetzt. An dem übrigen St. Gallischen, wie an dem thurgauischen Ufer bis Constanz erreichte der Hochwasserschaden im Einzelnen zwar nirgendwo einen bedeutenden Umfang, doch blieben auch hier zahlreiche kleinere Beschädigungen an Ufern, Crescenzien und Gebäuden nicht aus.

Noch steht die Hochwassercalamität von 1876 bei den Bodenseeanwohnern in frischer Erinnerung; waren ja doch die bedrohlichen Ansteigungen des See's in den beiden folgenden Jahren nicht geeignet, die Schäden und Sorgen vom Sommer 1876 so leicht vergessen zu lassen. Es würde also auch heute noch möglich sein, jenen Wasserschaden genauer festzustellen, doch müssten die Erhebungen nach einheitlichem Verfahren und die Berechnungen überall nach den gleichen Grundsätzen, womöglich durch ein und dieselbe Commission geschehen, wenn das Resultat brauchbar, wenn namentlich daraus auch ein Massstab für das Interesse, welches den verschiedenen Uferstaaten an dem Unternehmen der Tieferlegung der Bodenseewasserstände zukommt, gewonnen werden soll.

Wenn nun der Nachweis als erbracht angesehen wird, dass im Falle einer Wiederholung gleichen Wasserzudrangs nach dem Bodensee, beziehungsweise gleicher Witterungsverhältnisse wie im Sommer 1876 die Seeculmination nach Ausführung der projectirten Regulirung seines Ausflusses um 70 cm niedriger bliebe, das Hochwasser rascher verlaufen und damit die 1876 beklagten Beschädigungen und Nachtheile zum weitaus grössten Theile ausbleiben würden, so könnte nach dem Betrage des Hochwasserschadens von 1876 unter Annahme einer gewissen Periodicität solcher oder ähnlich hoher Seeansteigungen der Nutzen des Unternehmens der Tieferlegung derselben bemessen werden. Indessen müssten neben der Beseitigung der temporären Schäden auch jene permanenten Vortheile noch in Betracht gezogen werden, die sich aus der Sicherstellung von Grundstücken und Gebäuden nach der Richtung ergeben, dass diese nun zu anderen, lohnenderen Zwecken benützt werden könnten, während anderseits wieder nicht ausser Acht zu lassen wäre, dass manchen Schäden und Nachtheilen des Hochwassers doch auch durch örtliche Massregeln zu begegnen wäre und nach dem Hochwasser von 1876 hier und da auch schon vorgebeugt worden ist, wie z. B. den Unterbrechungen des Verkehres durch Erhöhung der Strassen u. dergl.

Ob dann aus solcher Ermittelung ein pecuniärer Nutzen des Unternehmens constatirt werden könnte, der dasselbe als rentabel erscheinen liesse in dem Sinne, dass der Betrag eines Hochwasserschadens mindestens der Summe der Zinsen und Zinseszinsen des Baucapitales für den nach erfahrungsmässigem Durchschnitte zwischen zwei bedeutenden Hochwassern des See's liegenden Zeitraume gleichkommt, mag nach den betreffs der Untersee-ufer schon gemachten näheren Erhebungen vielleicht noch bezweifelt werden. Allein jene Nachtheile der hohen Seestände, die sich ziffermässig gar nicht ausdrücken lassen, fallen denn doch auch gewichtig in die Wagschale und würde überhaupt eine solche Rentabilitätsberechnung den wirthschaftspolitischen Grundsätzen, wie sie in unserer Zeit bei Unternehmungen zur Förderung des Gemeinwohles zur Geltung kommen, nicht entsprechen und zumal da den Ausschlag nicht schlechtweg geben dürfen, wo ein gemeinsames Interesse der Angehörigen verschiedener Staatengebiete in Rede steht. —

III.

Einfluss der Regulirung des Bodenseeabflusses

auf die

Wasserstände des Rheines von Schaffhausen abwärts.

Vorbemerkung. — Flüchtig betrachtet scheint die Frage, welchen Einfluss die durch Aenderung seiner Abflussverhältnisse zu bewirkende Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's auf die Wasserstände des Rheines in grösserer Entfernung äussern möchte, mit der Schaffhauser Bedingung der technischen Vorberathungscommission in so inniger Beziehung zu stehen, dass ihre Besprechung schon dort hätte erwartet werden können, wo von der Wirkung unseres Unternehmens auf die Wasserstandsverhältnisse des Rheines bei Schaffhausen die Rede gewesen ist. In der That ist die nahe Verwandtschaft beider Fragen aber nur scheinbar; es bestehen vielmehr — wie wir sehen werden — zwischen beiden, ganz abgesehen von den in Betracht kommenden verschiedenen Interessengruppen, staats- und völkerrechtlichen Verhältnissen wesentliche materielle Unterschiede. Doch nicht desshalb allein ist die Besprechung des in der Ueberschrift genannten Gegenstandes hier in einen besonderen Abschnitt verwiesen. Die Veranlassung zu solcher Behandlung lag vielmehr schon in dem Umstande, dass die commissarische technische Vorberathung sich mit der Untersuchung dieses Gegenstandes bis daher einlässlich nicht befasst hat. Während in dem vorigen Abschnitte nur über Resultate der Conferenzverhandlungen berichtet worden ist, gehen also die folgenden Erörterungen auch über den Rahmen der Aufgabe, wie sie für die vorliegende Monographie gestellt worden ist, hinaus; sie durften aber zur abgerundeten Behandlung des Stoffes nicht wohl ganz unterbleiben angesichts der skeptischen Auffassung, welcher neuerdings das Unternehmen der Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's hinsichtlich schlimmer Folgen für manche Rheingegenden in einigen Kreisen begegnet ist. Indess soll, was hier noch geboten wird, auch zunächst nur ein Versuch sein zur

Klarstellung einer Frage, die, wenn erst das oben beschriebene Project sonst als bauwürdig erkannt sein sollte, gründlicher Untersuchung auch von anderer Seite wohl wird unterzogen werden, wobei alsdann die nachstehend angedeuteten Gesichtspunkte vielleicht Beachtung finden und weiter verfolgt werden möchten.

Die Besorgnisse, welche seit 1877 in einigen Gegenden am Rhein — ob lediglich auf die Kunde von der Absicht einer künstlichen Aenderung der Bodenseewasserstände entstanden oder wie sonst hervorgerufen, soll hier nicht untersucht werden — gehen von der Unterstellung aus, dass durch die angestrebte Verbesserung der Abflussverhältnisse des Bodensee's dessen wohlthätiges Retentionsvermögen namhaft beschränkt oder für die bedeutenden Hochfluthen gar aufgehoben würde, so dass die Hochwasser des Rheines unterhalb des Bodensee's künftighin häufiger und gewaltiger als bisher auftreten müssten. Dass, wenn solches zu gewärtigen wäre, die Rheinanwohner zumal da, wo der Strom sich in breiter bei Hochwasser inundirter oder durch Deiche künstlich geschützter Thalniederung bewegt, allerdings Grund genug hätten, in dem zum Nutzen der Bodenseeanwohner ventilirten Unternehmen eine schwere Bedrohung ihrer Interessen zu erkennen und gegen dessen Verwirklichung mit allen ihnen zu Gebot stehenden Mitteln anzukämpfen, darüber ist nicht zu rechten. Jene Unterstellung aber beruht auf einer missverständlichen Auffassung der Sache. Wie in Besprechungen derselben in der Presse zu Tage getreten, nahm man an, dass es sich bei der Regulirung des Bodenseeabflusses um eine totale, bleibende Tieferlegung des Seeniveau's hauptsächlich zum Zwecke der Landgewinnung, also um eine Verkleinerung der Seefläche oder aber darum handle, dass der Spiegel des Bodensee's künftig auf einem mässig niederen Stande erhalten bleibe dadurch, dass die Wassermassen, die sich unter den jetzigen Verhältnissen bei verstärkter Zuströmung im See ansammeln und nur langsam von ihm an den Rhein abgegeben werden, in der Folge unaufgehalten oder nur wenig vermindert den unteren Rheingegenden zuströmen. Und wo man davon hörte, dass lediglich nur eine Senkung der höchsten Wasserstände des See's um allerhöchstens 1 m beabsichtigt sei, glaubte man berechnen zu sollen, welche enorme Wassermasse, gebildet aus dem Producte der Seefläche und der angestrebten Minderansteigung, in der Zeit, in welcher sonst der See sich um jenes Mass gehoben hat, künftig mehr nach dem Rheine gelangen würde, während sie bisher in dem See zurückgehalten worden ist.[1] Mit anderen Worten, man unterstellte, dass von jenem Seestande an, dessen Uebersteigen durch die Regulirung des Abflusses zu verhindern beabsichtigt ist, die Retentionswirkung des Bodensee's aufhöre.

[1] „Zur Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's". (Mitgetheilt) Tageblatt f. d. Canton Schaffhausen 2. September 1877, Nr. 206.

Dass diese Meinung ganz und gar irrig, bedarf nach der obigen Entwicklung des Grundgedankens des Projectes und nach der Darlegung des veränderten Abflussvorganges keines Nachweises mehr. Wohl wird die Retention des See's durch die projectirte Abflussregulirung alterirt, indem der Spiegel des See's künftig weniger hoch ansteigen soll, also auch eine entsprechende Wassermasse zeitweise weniger in dem See zurückgehalten würde, als seither unter gleichen Umständen der Fall war. Die Aenderung bewegt sich aber nur innerhalb sehr enger Grenzen und, was die Hauptsache ist, ihre Wirkung tritt niemals plötzlich auf. Kräftiger bei den mittleren, schwächer bei den höheren Wasserständen vertheilt sich der Mehrabfluss des See's auf die ganze, mehrwöchentliche, ja oft monatlange Periode des Ansteigens der Seehochwasser und indem die angestrebte Senkung der Hochwasserstände des See's sich jeweils zusammensetzt aus der Summe einer Reihe von kleinen Minderansteigungen und der ganze Vorgang für jede einzelne Hochwasserperiode ein abgeschlossener ist, bleibt jene für die unteren Rheingegenden wohlthätige Retentionswirkung des Bodensee's, wodurch bei Anschwellungen des schweizerischen Oberrheines und der übrigen Seezuflüsse die Fluthwelle auf der Seefläche sich ausbreitet und nur langsam und als schwache Anschwellung den See verlässt, in der Hauptsache und namentlich für bedeutende oder rapid anlaufende Hochwasser nach wie vor bestehen.

Wenn demnach die in Rede stehenden Befürchtungen der Rheinanwohner von vornherein mindestens als übertrieben sich darstellen, so ist doch so viel richtig, dass die Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's eine Aenderung seines Abflusses voraussetzt und zwar würde diese nach dem vorliegenden Projecte in der Weise statthaben, dass während der Erhebungen des Seespiegels eine etwas grössere, während des Zurückgehens desselben eine entsprechend kleinere Wassermasse in der Zeiteinheit aus dem See ab- und dem Rhein zufliessen würde, als bei Belassung des gegenwärtigen Zustandes der Fall wäre. Welche Folgen sich hieraus für den unteren Rheinlauf ergäben, ist bei der Wichtigkeit der Interessen, die sich an die Wasserstände des Rheines in manchen Gegenden knüpfen, immerhin sorgfältiger Prüfung werth. Sie wäre, der Natur und der Sache nach, nach drei Richtungen vorzunehmen, nämlich

1) in Bezug auf das Wasserstandsregime des Rheines im Allgemeinen,
2) in Bezug auf die Hochwasserstände und
3) in Bezug auf die niederen Wasserstände.

Um die Beziehungen zwischen den allgemeinen Bewegungen der Wasserstände des Rheines und jener des Bodensee's zu veranschaulichen, sind in Blatt VI, Fig. 1 a—k die aus dem Durchschnitte der gemittelten Monatswasserstände einer Anzahl von Jahren construirten Pegelcurven nach den amtlichen Aufzeichnungen der Beobachtungsstationen zu Au, Constanz, Waldshut, Basel, Kehl, Maxau, Mannheim, Mainz, Cöln und Nymwegen neben einander gestellt.

In dieser Figurenreihe fällt sofort die Aehnlichkeit der Gestalt der

Curven für sämmtliche Pegel vom Bodensee bis Mannheim auf; es ist das Wasserregime des schweizerischen Hochgebirges, dessen Einfluss jenen der aus dem Mittelgebirge kommenden Affluenten des Rheines in der allgemeinen Wasserstandsbewegung des Hauptflusses so entschieden überwiegt, dass die Curven der gedachten Pegelstationen, den generellen Schwankungen der alpinen Wasserlieferung folgend, durchweg ein stetiges Ansteigen von dem niederen Winter- gegen den höchsten Sommerwasserstand und eben solches Zurücksinken in dem zweiten Semestor zeigen. Der höchste gemittelte Monatswasserstand fällt überall in den Juni, der niederste in den Monat Januar, mit Ausnahme der Curve für Mannheim, in welcher das Minimum sich in dem Monat März ergibt.[1]

Hierin, wie auch in der Abtreppung der Maxauer Curve am Anfange der Ansteigung macht sich schon der Einfluss der Frühjahrsanschwellungen der Nebenflüsse des Mittelgebirges bemerklich, der nun in den folgenden Curven immer mehr hervortritt. Zwar in jener für Mainz bleibt die Culmination noch im Monat Juni; die Curve weist aber noch eine zweite bestimmt ausgesprochene Erhebung auf, die im Monat Februar culminirt. Das Minimum der Curve fällt jezt schon in das Spätjahr — Monat November.

Die beiden Frühjahrs- und Sommermaxima von Mainz finden wir wieder in der Curve für Cöln; ersteres ist aber nun entschieden das bedeutendere; es fällt in den Monat März, während das Minimum wieder um einen Monat, nun in den October, vorgerückt ist. In der Waal bei Nymwegen, dem grösseren Arme der Verzweigungen des Rheines in den Niederlanden treten die höchsten Wasserstände in der Regel in den Monaten Januar und Februar auf, die niedersten, wie zu Cöln, im Monat October; das Sommermaximum ist in der Curve kaum mehr zu finden.

Dürfen wir nun in diesen Darstellungen der Durchschnitte der gemittelten Monatswasserstände den für die verschiedenen Abschnitte des Rheinlaufes charakteristischen Ausdruck der generellen Wasserstandsbewegungen erkennen, — und die Berechtigung hiezu erhellt eben aus der Aehnlichkeit der Curven Au bis Mannheim — welche Variation des Regimes tritt uns hier vor Augen! Die von seinen Quellen bis Mannheim fast unverändert erhaltene Natur des aus den Schnee- und Eisregionen des Hochgebirges gespeisten Stromes ist in Mainz schon stark verwischt, in Cöln verschwunden; und die niederländischen Gewässer haben ihren periodischen höchsten Stand um eben dieselbe Zeit, in welcher Oberrhein und Bodensee auf ihrem niedrigsten Stande zu verharren pflegen. Wozu die Wassermengen der zahlreichen Zuflüsse des Rheines vom südlichen und westlichen Schwarzwalde, aus dem schweizerischen Jura und den Vogesen nicht mächtig genug sind: dem alpinen Wasserzuflusse in dem Stromregime des Rheines die Herrschaft streitig zu machen, dies gelingt erst den periodischen Frühjahrsanschwellungen der grossen schiffbaren Nebenflüsse, des Neckars und des Maines, mit deren normalen Wasser-

[1] Der Wasserstand an dem Rheinpegel zu Mannheim wird von der Rückstauwirkung des unweit unterhalb ausmündenden Neckars beeinflusst.

standsbewegungen sodann jene der Zuflüsse des Mittel- und des Niederrheines zusammengehen. In letzterem aber sind es hauptsächlich die mit dem Eisabgange auftretenden Hochfluthen, welche der allgemeinen Wasserstandsbewegung dieser untersten Stromabtheilung ein von jener der oberen Abtheilungen so total verschiedenes Gepräge verleihen.

Die mangelnde Einwirkung des Schneeabganges und der Niederschläge der Mittelgebirge, Schwarzwald und Vogesen auf den periodischen Gang des Rheines erklärt sich vornehmlich aus der geringen Entfernung der Wasserscheide dieser Gebirge von dem Rheinthale. Die Flussgebiete von Neckar und Main aber umfassen mit 14 500 + 27 000 = 41 500 qkm allein eine Fläche, die namhaft grösser ist als das Einzugsgebiet des Rheines, da, wo er seine sämmtlichen Zuflüsse aus dem Hochgebirge aufgenommen hat, — bei Waldshut — mit 33525 qkm.

Schon dieses Verhältniss führt zu der Vermuthung, dass eine Aenderung der Retentionswirkung des Bodensee's, wie sie hier in Frage steht, in der allgemeinen Wasserstandsbewegung des Rheines, wenn überhaupt, doch kaum in der Gegend unterhalb Mainz noch eine merkbare Wirkung würde äussern können; und da auch unweit Mainz — bei Bingen — die Stromverhältnisse des Rheines in Bezug auf Längen- und Querprofil, Beschaffenheit des Strombettes und Ausdehnung des Inundationsgebietes eine einschneidende Aenderung erfahren, erscheint der Schluss berechtigt, dass eine etwaige Wirkung des Unternehmens der Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's jedenfalls hier, beim Wiedereintritt des Rheines in das Gebirge, ihren Abschluss fände, sich also über jene Stromabtheilung nicht ausdehnte, die nach der Unterscheidung der allgemein hydrographischen Eigenschaften des schiffbaren Rheines, als Oberrhein bezeichnet wird oder doch correcter Weise zu bezeichnen wäre.[1]

In welch' bescheidenem Masse nun die beabsichtigte Senkung der Bodenseewasserstände in der generellen Bewegung der Wasserstände des Rheines unterhalb des Bodensee's nur zur Geltung kommen könnte, lehrt uns die Darstellung der Fig. 2a und 2b Blatt VI. Wie in den Fig. 1 a—k für eine längere Reihe von Jahren ist hier in der stark ausgezogenen Linie die Curve der mittleren Monatswasserstände nach dem Durchschnitte der Jahre 1865, 1866, 1867, 1868, 1869, 1870, 1875 und 1876 aufgetragen, für welche die graphischen Darstellungen Blatt VII—X die Veränderungen angeben, welche die Wasserstände des Bodensee's, wie jene des Rheines am unteren Ende der Regulirungsstrecke erlitten hätten, wenn damals die Regulirung der Unterseeausmündung schon functionirt hätte. Die strich-punktirten Linien in Fig. 2a und Fig. 2b zeigen sodann jeweils den Durchschnitt der mittleren Monatswasserstände aus jenen veränderten (regulirten) Wasserständen. Man sieht, der Effect ist erheblich für die Bodensee-, sehr unbedeutend aber für die Rheinwasserstände und dies schon unmittelbar unterhalb der als regulirt

[1] Im Sinne dieser Abtheilung ist die Grenze zwischen Mittel- und Niederrhein in die Gegend von Ruhrort zu verlegen.

gedachten Flussstrecke. Bezeichnen wir die Erhebungen der Wasserstände mit +, die Senkungen mit —, so erhalten wir aus diesen Figuren folgende Aenderungen der Durchschnitte der mittleren Monatswasserstände aus den gedachten 8 Jahren:

	Pgl. Constanz.	J. Pgl. Nr. 26 (unterhalb Bibermühle).
	Centimeter.	Centimeter.
Januar	— 1	— 1
Februar	— 2	+ 3
März [1]	— 8	+ 4
April	— 13	+ 7
Mai	— 39	+ 19
Juni	— 59	+ 6
Juli	— 58	— 2
August	— 57	— 3
September	— 38	— 17
October	— 27	— 2
November	— 21	— 11
Dezember	— 9	— 7

So geringwerthig nun aber die Ziffern der zweiten Columne an sich erscheinen, so darf man doch nicht vergessen, dass man es hier mit Durchschnittszahlen zu thun hat, deren Aenderungen auch innerhalb enger Grenzen für den Oberrhein eine Bedeutung gewinnen könnten, wenn es der Abfluss des Bodensee's wäre, dessen Wasserdebit jenen überwiegenden Einfluss äussert, den wir in den allgemeinen Wasserstandsbewegungen des Oberrheines überall erkannt haben. Dem ist jedoch nicht so. Das typische Regime dieses Stromabschnittes wird keineswegs durch die dem Quellengebiete des Rheines entfliessenden Wassermassen beziehungsweise durch die Intensität des Bodenseeabflusses allein, ja nicht einmal in hervorragendem Masse, bestimmt; vielmehr ist es die Wasserbewegung im Gebiete der Aare und ihrer bedeutenden Zuflüsse, — Reuss und Limmat —, welcher hierin die Hauptrolle zukommt.

Unter den Nebenflüssen des Rheines ist die Aare der einzige, der grösserntheils aus der Schnee- und Eiszone des Hochgebirges alimentirt wird, während die übrigen schweizerischen Zuflüsse, nur etwa die Thur noch ausgenommen, ihre Wassermassen lediglich aus den Vorbergen und dem Hügelland empfangen und diese demnach an der typischen Wasserstandsbewegung des Oberrheines einen erheblichen Antheil nicht haben. Die Aare ist aber auch nach der Ausdehnung ihres Flussgebietes weitaus der bedeutendste

[1] Dass auch für diese niederen Wasserstände in den arithmetischen Monatsmitteln sich Senkungen ergeben, rührt von mehreren in den Wintermonaten stattgehabten ungewöhnlich starken Wasserständen her.

Affluent des Oberrheines und mächtiger als der Rhein selbst, wie sich aus folgender Vergleichung der Einzugsgebiete für die Pegelstation Waldshut, unweit unterhalb der Aare ergibt.[1]

	Einzugsgebiet in qkm	Verhältniss in Procent
1) Rhein am Ausflusse aus dem Bodensee bei Stein einschliesslich der Seefläche	11 419	34,0
2) Aare nächst oberhalb des Einflusses in den Rhein, Pegelstation Döttingen	17 585	52,5
3) Uebriges Einzugsgebiet des Rheines zwischen Stein und Waldshut	4 521	13,5
Zusammen Einzugsgebiet des Rheines bei Waldshut	33 525	100

Der Rhein am Ausflusse des Bodensee's und die Aare zunächst ihrer Vereinigung mit dem Rhein verhalten sich also nach der Ausdehnung ihrer Sammelgebiete annähernd wie 3 zu 5.[2] Beide Flussgebiete unterliegen im Wesentlichen denselben klimatischen und hydrographischen Bedingungen, insbesondere werden auch im Gebiete der Aare die Schmelz- und Regenwasser des Hochgebirges und der höheren Vorberge in den zahlreichen grösseren Seebecken — Brienzer- und Thunersee, Jurasee'n, Vierwaldstätter- und Zugersee, Wallen- und Zürichsee — angesammelt und die Hochfluthen ausgeglichen. Dazu ist die Vergletscherung, die erfahrungsgemäss eine den See'n ähnliche Retentionswirkung äussert, im Flussgebiete der Aare noch erheblich grösser, als in jenem des Rheines; sie umfasst in ersterem eine Fläche von 455 qkm, in letzterem, wie schon oben angegeben, nur 266 qkm.

Weil nun das Allmälige des Vorganges der periodischen Schnee- und Gletscherabschmelzung im Hochgebirge und die Retentionswirkung der See'n eben die Eigenart des alpinen Gewässerregimes ausmacht, so ist klar, dass, wenn die allgemeine Bewegung der Wasserstände des Oberrheines unter der Herrschaft der Wasserlieferung des Hochgebirgs vor sich geht, dies weit mehr auf Rechnung des Zuflusses durch die Aare als des Bodenseeabflusses zu setzen ist. Um so weniger ist dann aber auch anzunehmen, dass die an und für sich schon nicht erhebliche Aenderung des Retentionsvermögens des Bodensee's als Folge der beabsichtigten Tieferlegung seiner Hochwasserstände in dem allgemeinen Verhalten der Wasserstände des Oberrheines noch fühlbar zur Wirkung kommen könnte.

Dies gilt freilich zunächst nur für die generelle Wasserstandsbewe-

[1] Die nachstehenden Zahlengrössen sind den Bülletins der schweiz. hydr. Beobachtungen entnommen oder aus den Angaben derselben abgeleitet.

[2] Das Uebergewicht der Aare über den Rhein als Bodenseeabfluss kommt in der Natur auch dort deutlich zum Ausdruck, wo beide Flüsse sich vereinigen. Unmittelbar unterhalb des Zusammenflusses fällt der Lauf des Rheines nahezu in die geradlinige Verlängerung der Achse des unteren Laufes der Aare, welcher Richtung der obere Rhein unter spitzem Winkel zufliesst. Das Gefälle des letzteren beträgt oberhalb der Aarmündung 1,7 pro mille, unterhalb nur 0,7 pro mille.

gung, noch nicht aber für die extremen Wasserstände des Rheines, die nicht minder als jene für dessen Anwohner von praktischer Bedeutung sind.

Wenn von den Hochwassern des Rheines die Rede ist, so muss unterschieden werden zwischen seinen periodischen und seinen ausserordentlichen — unperiodischen — Anschwellungen.

Erstere treten, wie schon erwähnt, am Oberrhein als Sommer-, am Mittel- und Niederrhein als Frühjahrs- und Winterhochwasser auf. Diese stehen mit dem Regime des Bodensee's nicht in Beziehung und dürften hier auch schon desshalb ausser Acht bleiben, weil bei normalem Verhalten der Wasserstände, wie es die Periodicität der Hochwasser voraussetzt, gerade im Frühjahre und Winter die projectirte Regulirung des Bodenseeausflusses nicht oder doch nicht in nennenswerthem Masse functioniren würde. Die Frühjahrshochwasser des Mittel- und Niederrheines unterscheiden sich aber auch hinsichtlich ihrer Intensität und ihres Verlaufes wesentlich von den Sommerhochfluthen des Oberrheins. Während erstere als Folge des Schneeabganges und der Frühjahrsregen aus den Gebieten der Seitenzuflüsse meist schroff auftreten und eine beträchtliche Höhe erreichen, — die hochwasserfreien Hauptschutzdämme führen bezeichnender Weise schon unterhalb Mannheim den Namen Winterdeiche, die niedrigeren Aussendämme heissen Sommerdeiche —, zeigen die durch die alpinen Schmelz- und Regenwasser bedingten Sommerhochfluthen des Oberrheines unter gewöhnlichen Umständen einen ziemlich stetigen, Wochen und selbst Monate dauernden Verlauf und erreichen fast überall nicht die Höhe der angebauten Ufergelände. Aus ähnlichen Gründen, wie am Bodensee, werden diese periodischen Sommerhochwasser auch von den Rheinanwohnern kaum als ein Nachtheil empfunden; ja sie gewähren vielmehr durch Aufschlammungen, durch Ueberfluthung und Ueberstauung von Wald und Streuland, wie durch erhöhte Bodenfeuchtigkeit den Anwohnern nicht zu unterschätzende Vortheile und einen weiteren sehr gewichtigen Nutzen dadurch, dass sie in der besten Jahreszeit den grössten Tiefgang der Schiffe auf der Wasserstrasse des Rheines von Mannheim bis Rotterdam gestatten, dies zu einer Zeit, in welcher die Speisung des Rheines durch die Seitenzuflüsse oft schon auf ein Minimum zurückgegangen ist.

Allerdings ist es auch nicht selten, dass in die Periode der Schneeschmelze des Hochgebirges bedeutende Niederschläge — ausgedehnte Land- oder häufige starke Gewitterregen — fallen. [1] Dann werden durch die angeschwollenen Seitenzuflüsse dem Rhein solche Wassermassen zugeführt, dass sein Sommerhochwasser, am Oberrhein wenigstens, eine schädliche Höhe erreicht, für die Kultur der Niederungen um so misslicher, als derart erzeugte Anschwellungen in der Regel eine lange Dauer zeigen, in deren Folge die eingedeichten Gelände durch die Ansammlung von Druck- (Seih-) und Binnenwasser Noth

[1] Bekanntlich sind es die Monate Juni und Juli, in welchen durchschnittlich in Mitteleuropa, zwar nicht die intensivsten, wohl aber die anhaltendsten Regenfälle sich einstellen.

leiden. Solche Hochwasser müssen aber doch schon zu den unperiodischen Maxima, zu den Katastrophenzuständen gerechnet werden.

Es ist dies jedoch unter mehreren nur ein Fall, in welchem der Oberrhein zu ausserordentlicher Höhe ansteigt. Irgend eine Regel in Bezug auf die ursächlichen Verhältnisse und die Zeit des Eintrittes bedeutender Hochwasser des Oberrheines lässt sich aber nicht aufstellen. Katastrophen dieser Art sind, so kurz auch der Zeitraum ist, aus welchem uns verlässliche Nachrichten und Aufzeichnungen hierüber vorliegen, für alle Monate des Jahres zu verzeichnen; sie können auftreten, ohne dass der Wasserabfluss aus dem Hochgebirge respective den schweizerischen See'n erheblichen Theil daran hat, lediglich veranlasst durch Niederschläge und plötzlichen Schneeabgang im Gebiete der Vorberge der nördlichen und westlichen Schweiz, in dem Schwarzwalde und in den Vogesen. Auch hierin tritt die Verschiedenheit zwischen dem Regime des Ober- und jenem des Mittel- und Niederrheines deutlich hervor; denn in letzterem stellen sich die Hochwasserkatastrophen fast immer nur im Frühjahre und im Winter bei Eisgängen ein; bedeutende Wasserhöhen in anderen Jahreszeiten sind seltene Vorkommnisse. Es ist gewiss sehr bezeichnend, dass an den verschiedenen Abschnitten des Rheines es auch verschiedene Hochwasserereignisse sind, deren Wasserstand als der absolut höchste gilt. So sind die bekannten grössten Hochwasserstände: des Bodensee's von 1817, des Rheines von Waldshut bis gegen die elsässisch-bayerische Grenze von 1852, von da bis Mannheim von 1824, am Mittel- und Niederrhein zwar wohl als starke Anschwellungen, keineswegs aber als Katastrophen bekannt; während anderseits 1845, in welchem Jahre der Rhein von der Einmündung des Maines an abwärts seinen bekannten höchsten eisfreien Wasserstand erreicht hat, der Rhein oberhalb Mannheim von einem bedeutenden Hochwasser verschont geblieben ist. In dem Hochwasserjahre 1876, um nur noch ein Beispiel anzuführen, hat die mächtige Fluth vom Monat Juni am Oberrhein eine Höhe erreicht, die dem bis dahin bekannten höchsten Wasserstand durchweg sehr nahe kam, ja an einigen Stellen ihn sogar überstiegen hat, — am Mittel- und Niederrhein trat sie nur noch als mässige Anschwellung auf; dagegen war hier die am Oberrhein minder starke Anschwellung vom Monat März jenes Jahres zu einer aussergewöhnlichen Höhe angestiegen. (Vgl. Blatt XI, Fig. 2.) Vollends jene gewaltigen Katastrophen, wie sie am Mittel- und mehr noch am Niederrhein beim Abgange des Eises häufig auftreten und deren Bedrohungen für alle Anlagen an den Ufern, für die Höhe der Banndeiche und die Bodencultur der Stromniederungen bestimmend sind, sind der Natur des Oberrheines, zumal oberhalb Mannheim gänzlich fremd.

Wie hinsichtlich der generellen Wasserstandsbewegung des Rheines, so wird hiernach auch in Bezug auf seine Hochwasserzustände bei der Untersuchung über die Wirkung der veränderten Abflussverhältnisse des Bodensee's auf die unteren Flussgebiete wieder nur der Oberrhein in Frage kommen können.

Was nun die gewöhnlichen Sommerhochwasser des Oberrheines anbe-

langt, so trifft gegenüber dieser periodischen Erscheinung im Wesentlichen noch das zu, was aus dem obigen Raisonnement betreffs der Wirkung der veränderten Bodenseeretention auf das allgemeine Wasserstandsregime gefolgert werden, wenigstens soweit, als schon wegen der engen Grenzen, innerhalb welcher die projectirte Aenderung der Bodenseeretention nur stattfände, eine erhebliche Wirkung derselben auf das periodische Verhalten der Rheinwasserstände nicht angenommen werden könnte. Wenn aber dort in gleichem Sinne darauf hingewiesen worden ist, dass der Intensität des Bodenseeausflusses gegenüber der kräftigeren Wirkung der Anschwellungen der Aare überhaupt nur ein bescheidener Einfluss zukommt und wenn, wie leicht einzusehen, dasselbe auch und zwar noch mehr hervortretend für die Hochwasserzustände des Rheines gelten muss, so erscheint dieser Umstand jetzt, bei der Untersuchung über die Wirkung des veränderten Seeabflusses speciell auf die Rheinhochwasser, günstig und ungünstig zugleich: günstig insofern, als das von dem Bodensee abgegebene Wasserquantum nur den kleineren Theil der in entsprechender Zeit im Rheine unterhalb Waldshut sich bewegenden Wassermassen ausmacht, also auch eine aliquote zeitweise Vermehrung der erstern den Rheinhochwassern gegenüber kaum mehr in Betracht kommen kann; — ungünstig aber ist, dass die Culminationen der Hochwasserwellen des Oberrheines mit jener der Bodenseeanschwellungen zeitlich nicht zusammenfallen, vielmehr die höchsten Wasserstände des Oberrheines in der Regel eintreten, wenn der Bodensee erst noch im Steigen begriffen ist, mithin in eben der Zeit, in welcher durch den successiven vermehrten Abfluss die Minderansteigung des Seespiegels erzielt werden soll.

Diese aus der Pegelstatistik mit voller Bestimmtheit nachzuweisende und nach den obigen Andeutungen über die Causalverhältnisse der Rheinhochwasser auch leicht erklärliche Erscheinung ist es denn auch, welche eine directe Beziehung zwischen der Schaffhauser Bedingung der technischen Vorberathungscommission und der Frage, die uns hier beschäftigt, nicht zulässt. Indem die Rücksicht auf die Wasserstände des Rheines bei Schaffhausen nur verlangte, dass zur Zeit der Culmination bedeutender Hochwasser die Abflussmenge aus dem Bodensee nicht vermehrt werde, wäre damit eine nachtheilige Wirkung der projectirten Ausflussregulirung des See's auf den Rhein von der Stelle an nicht ausgeschlossen, wo die Intensität des Seeabflusses für die Wasserhöhen nicht mehr massgebend ist, wo vielmehr durch die Anschwellungen von Seitenzuflüssen, unabhängig von den Wasserständen des Bodensee's, ein Hochwasser respective die Culmination eines solchen erzeugt werden kann. Erfahrungsgemäss trifft dies schon zu bei der Einmündung der Affluenten des Rheines im Gebiete des Cantons Zürich, welche Flüsse von plötzlichem Schneeabgange oder starken Regengüssen angeschwollen, dem Rheine schon allein eben solche Wassermassen zuführen, als sie aus dem Bodensee — selbst in maximo — abfliessen und deren Anschwellungen sehr viel schroffer auftreten, denn jene des Rheines als Abfluss des Bodensee's. Für den Rhein unterhalb der Vereinigung mit der Wutach und der Aare gilt dies selbstverständlich in noch höherem Grade.

Nach ausgeführten Messungen oder sonst mehr oder minder verlässlichen Ermittelungen sind nämlich die Zuflussmengen bei den bekannten höchsten Wasserständen in runden Zahlen anzunehmen, wie folgt:

Bodenseeabfluss	1100	cbm	
Thur	700	"	(?)
Töss	400	"	
Glatt	80	"	(?)
Wutach	1000	"	
Aare	3400	"	
Alb, Murg und Wehra	100	"	(?)
Birs und Birsig	100	"	(?)

ferner:

Wiese	400	"
Dreisam und Elz	680	"
Kinzig	980	"
Ill	900	"
Rench	190	"
Murg	430	"
Neckar	4800	"
Main	3500	"

Angesichts dieser Zusammenstellung, in welcher die zahlreichen in den Rhein sich ergiessenden Bäche und von der Birsig ab auch die kleineren Flüsse ganz ausser acht gelassen sind, möchte es auffallen, dass die grösste Hochwassermenge des Rheines bei Basel zu höchstens 5000 cbm, bei Mannheim nur zu 6000 cbm allgemein und seit lange schon angenommen wird und auch am Mittelrhein kaum einen höheren Betrag erreicht, während die Summe der Wasserlieferungen, wie vorstehend entziffert, schon für den Rhein bei Basel 6860 cbm ergibt. Der Grund hievon liegt zunächst in der bei der Beschreibung des Bodenseeregimes schon berührten Thatsache, dass die grössten Hochwasserstände in den verschiedenen Flussgebieten niemals ganz gleichzeitig eintreten, dann aber auch in der Verflachung der fortschreitenden Hochwasserwelle, auf welch' letztere Erscheinung wir unten zurückkommen werden.

Ersteres gilt nun vor Allem auch von dem Zusammentreffen der grössten Abflussmengen des Bodensee's mit den Hochfluthen der Affluenten des Oberrheines. Keines der bekannten grössten Hochwasser des Rheines fand in einer Zeit statt, in welcher der Bodensee seinen höchsten Stand erreicht hatte, auch nicht bei solchen Anschwellungen des Rheines, die hauptsächlich durch den vermehrten Wasserzufluss aus dem Hochgebirge verursacht worden sind. Immer stellt sich der höchste Wasserstand der Aare vor der Culmination des Seestandes ein[1] und mehr noch gilt dies von den stossartigen

[1] Der Grund hievon liegt theils in der gegenüber dem Quellgebiete des Rheines geringeren Entfernung der alpinen Zone, theils aber auch in dem Einflusse der Schneeschmelze aus der Bergregion (höhere Vorberge).

Anschwellungen der kleineren Zuflüsse. Wenn demnach der Abfluss des Bodensee's und die an sich gegenüber den Anschwellungen der Seitenzuflüsse fast verschwindend geringen Schwankungen der Abflussquanta entfernt keine Ausschlag gebende Rolle bei den Rheinhochfluthen spielen, so ist doch in der Wasserstandsstatistik nicht zu verkennen, dass jedes bedeutendere Hochwasser des Oberrheins — wenigstens oberhalb des Neckars — von einer allerdings oftmals nur mässigen Ansteigung des Bodenseespiegels begleitet ist. Und weil nun die Absicht des Projectes der Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's eben dahin geht, während der Periode des Ansteigens des Seespiegels von einem gewissen zu conservirenden Wasserstande an den Seeabfluss zu verstärken, so würde die Ausführung des Projectes die Folge haben, dass künftig während der höchsten Wasserstände des Rheines, gleichviel, aus welchen Zuflussgebieten hauptsächlich herrührend, der Bodensee wohl in der Regel eine etwas grössere Wassermasse an den Rhein abgeben würde als unter gleichen Umständen bislang der Fall war. Die logische Gefahr, die daraus für die Anwohner des Oberrheines resultirte, bestünde in der weiteren Hebung der Rheinhochwasser bezw. längeren Dauer derselben, wenn anders die durch die projectirte Regulirung der Seeausmündung bedingte Steigerung der Abflussmengen quantitativ bedeutend genug wäre, um eine solche Wirkung auf die Wasserstände des Oberrheines noch zu erzeugen.

Aus unseren graphischen Darstellungen Blatt VII bis X lässt sich entnehmen, welchen Betrag, die projectirte Regulirung der Seeausmündung als ausgeführt vorausgesetzt, die Mehrabflussmengen des See's, während der in den Jahren 1865, 1866, 1867, 1868, 1869, 1870, 1875 und 1876 stattgehabten Rheinhochwasser erreicht hätte. Auf Blatt XI Fig. 1 und 2 sind die Wasserstandscurven der Rheinpegel mit jener des Bodenseepegels und mit der Curve der Abflussänderungen des See's für das durch ungewöhnlich rasche und hohe Anschwellungen der alpinen Gewässer ausgezeichnete Jahr 1868, in welchem namentlich die Rheingegend oberhalb des Bodensee's der Schauplatz eines bedeutenden Hochwassers war, sowie des Jahres 1876 zusammengestellt. Die Curve der Abflussänderungen ist construirt, indem die Abstände der Ausflussmassencurven nach dem wirklichen und nach dem regulirt gedachten Verlaufe aus den bezüglichen graphischen Darstellungen auf Blatt X (1876) und Blatt IX (1868) als Ordinaten aufgetragen worden sind und zwar die Mehrabflüsse über, die Minderabflüsse unter der Abscissenachse. Die Culmination der Wasserstände am Pegel zu Waldshut zum Ausgangspunkt genommen, ist dann in Fig. 1 die Fortpflanzung einer Hochwasserwelle durch eine punktirte Curve angedeutet. Die Gestalt der letzteren wurde mit einiger Sicherheit erhalten aus der Untersuchung des Fortschreitens einer grösseren Anzahl von Hochwasserwellen des Oberrheines, wobei sich übrigens ergab, dass das Verhalten der Seitenflüsse selbst bei den grösstentheils durch den vermehrten Abfluss aus dem Hochgebirge verursachten, insbesondere aber bei allen ausserordentlich hohen Anschwellungen des Oberrheines auf dem Zeitpunkt der Culmination an den verschiedenen Beobachtungsstationen immer einen bald

mehr, bald minder grossen Einfluss geäussert hat. Ja es sind nach den sorgfältig bewirkten Hochwasserbeobachtungen die Fälle sogar nicht selten, dass der höchste Wasserstand in einer längeren Stromstrecke gleichzeitig, sogar in der unteren früher eingetreten ist, als an einem Pegel der oberen Stromstrecke. Die eingezeichnete Fortpflanzungscurve ist daher das Ergebniss eines Vermittelungsverfahrens, wobei selbstverständlich auf die örtlichen Verhältnisse der Pegelstationen Rücksicht genommen werden musste.

Aus diesen Darstellungen ist nun zu erkennen, dass die secundliche Wassermasse, um welche der Abfluss des Bodensee's grösser, als wirklich, gewesen wäre, wenn in den genannten Jahren die projectirte Regulirung der Unterseeausmündung schon bestanden hätte, in der Zeit der höchsten Wasserstände des Rheines bei Waldshut betragen hätte:

im Mai	1868	94 cbm	im März	1876	95 cbm
„ Oktober	„	160 „	„ Juni	„	30 „

Nur im Juni 1876 war die Wasserhöhe des Oberrheines sehr bedeutend, so dass eine Zunahme derselben von schädlichen Folgen gewesen wäre. Gerade damals aber wäre der Mehrabfluss des Bodensee's unerheblich gewesen und zwar desshalb, weil der Seestand schon länger zuvor ein ziemlich grosser war, was eben auch immer der Fall sein wird, wenn in Folge lang anhaltender Regenfälle der Oberrhein zu einer abnormen Wasserhöhe ansteigt.

Diese Beispiele mögen genügen, um den Vorgang zur Anschauung zu bringen. Selbstverständlich wäre derselbe auch in gleicher Weise für die übrigen Jahrgänge, deren Wasserstände des Bodensee's zum Gegenstand der graphischen Darstellungen Blatt VII bis Blatt X gemacht worden, zu verfolgen, indess dürfte, angesichts der grossen Mannigfaltigkeit in den Hochwassererscheinungen des Oberrheines doch nicht angenommen werden, dass damit alle wahrscheinlichen Combinationen erschöpft wären und könnte mithin auch die Berechtigung, aus diesen concreten Fällen eine allgemein giltige Schlussfolgerung auf die Wirkung der im Project liegenden Aenderung der Abflussverhältnisse des Bodensee's auf den Oberrhein zu ziehen, angezweifelt werden.

Für die unter mehr homogenen Verhältnissen und mit mehr Regelmässigkeit vor sich gehenden Bewegungen des Bodenseespiegels aber war es wohl zulässig, mit der Verfolgung der relativ starke Abweichungen zeigenden Wasserstandsbewegungen der Jahrgänge 1865—1870 und 1875 und 1876 den inductiven Nachweis des Abflussvorganges als Folge der geplanten Regulirung der Seeausmündung abzuschliessen und es darf unterstellt werden, dass hinsichtlich der Aenderung der Abflussgrössen wesentlich anderes sich nicht ergeben hätte, wenn die Untersuchung auf eine weitere Reihe von Jahren ausgedehnt worden wäre. Verfolgen wir nun in den graphischen Darstellungen Blatt VI bis X die Veränderungen der Abflussmassencurve, so finden wir, dass die Dauer continuirlichen Mehrabflusses sich oft über 2 bis fast 3 Monate erstreckt hätte, so z. B. im Jahr 1876 vom 23. April bis 12. Juni mit 51 Tagen, 1868 vom 23. April bis 23. Juni mit 62 Tagen, 1875 vom 2. Mai bis 15. Juli mit 75 Tagen, 1869 vom 29. April bis 31. Juli mit 81 Tagen. Das Quantum des

Mehrabflusses wäre dabei aber oft wochenlang nur ein sehr geringes gewesen. Continuirliche Mehrabflüsse in solchem Betrage, wie er für die Stromverhältnisse des Rheines in Betracht kommen könnte, hätten ihre grösste Dauer erreicht:

		mit über 50 cbm			mit über 100 cbm	
im Jahr 1865	an 22	Tagen	(20. IV—11. V u. 27. VII—17. VIII)	an 14	Tagen	(20. IV—3. V)
„ „ 1866	„ 27	„	(20. IV—16. V)	„ 16	„	(21. IV—6. V)
„ „ 1867	„ 16	„	(19. IV—4. V)	„ 8	„	(1—8. II)
„ „ 1868	„ 34	„	(25. IV—28. V)	„ 20	„	(25. I—V14. V)
„ „ 1869	„ 29	„	(3—31. V)	„ 19	„	(4—22. V)
„ „ 1870	„ 25	„	(18. V—11. VI)	„ 17	„	(19. V—4. VI)
„ „ 1875	„ 34	„	(3. V—5. VI)	„ 14	„	(26. IX—9 X)
„ „ 1876	„ 27	„	(25. II—22. III)	„ 17	„	(26. II—13. III)
durchschnittl. in obig. 8 Jhrn.	an 26	Tagen		an 15	Tagen	

		mit über 150 cbm		Maximum	
im Jahr 1865	an 7	Tagen	(20—26. IV)	180 cbm	(21. IV)
„ „ 1866	„ 6	„	(22—27. IV)	170 „	(24. IV)
„ „ 1867	„ 0	„		145 „	(3. II)
„ „ 1868	„ 9	„	(26. IV—4. V)	180 „	(5. X)
„ „ 1869	„ 6	„	(7—12. V)	160 „	(9. V)
„ „ 1870	„ 8	„	(21—28. V)	170 „	(25. V)
„ „ 1875	„ 7	„	(5—11. V)	165 „	(7. V)
„ „ 1876	„ 7	„	(27. II—4. III)	165 „	(1. III)
durchschnittl. in obig. 8 Jhrn.	an 6	Tagen		167 cbm.	

Man sieht hieraus, dass gerade in der Zeit der gewöhnlichen höchsten Sommerwasserstände des Oberrheines — Mitte Juni bis Mitte Juli — ein beträchtlicher und länger als einige Tage dauernder Mehrabfluss des Bodensee's nicht stattgefunden hätte. Unverkennbar tritt die kräftige Wirkung der Regulirung des Seeausflusses jeweils gleich beim Beginn der Anschwellung auf in einer Zeit, in welcher unter einigermassen normalen Verhältnissen auch der Rhein noch nicht seine Mittelwasserhöhe erreicht hat; und diejenigen Mehrabflussquanta, welche in der Zeit der Culmination der gewöhnlichen Sommerhochwasser des Oberrheines durch die Ausflussregulirung des Bodensee's dem Rheine zugeführt werden, sind augenscheinlich allzu gering, unter 50 cbm, als dass sie auf die hohen Sommerwasserstände des Oberrheines eine merkbare Wirkung äussern könnten. Im Grunde wird hiedurch nur bestätigt, was bezüglich des geringen Einflusses der Seeausflussregulirung auf die generellen Wasserstandsbewegungen konnte gefolgert werden, denn diese werden ja auch vorwiegend durch die periodischen Sommerhochwasser be-

stimmt. Die Folgerung hat aber nun hier die praktische Bedeutung, dass, wenn man wirklich besorgt hätte, es möchte durch die Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's die Höhe oder die Dauer der gewöhnlichen Sommeranschwellungen des Oberrheines in erheblichem Masse vermehrt werden, solche Befürchtung nach dem Ergebnisse der Untersuchung der, wie schon mehrfach erwähnt, äusserst verschiedenen Wasserstandsbewegungen der 8 Jahre 1865—1870 und 1875 und 1876 nicht als begründet bezeichnet werden darf.

Dagegen muss immer noch die Möglichkeit im Auge behalten werden, dass, wenn es auch in den genannten 8 Jahren sich nicht ereignet hat, ein beträchtlicher Mehrabfluss des Bodensee's mit einem jener grossen Rheinhochwasser, bezüglich deren Eintreten keinerlei Regel besteht, zusammentreffe.

Nach Ansicht der obigen Zusammenstellung darf es aber auch nach dieser Richtung schon als eine für unsere Frage sehr ungünstige Annahme gelten, wenn wir den Fall unterstellen, dass nach Ausführung der Regulirung des Bodenseeausflusses gerade zur Zeit der Culmination eines ausserordentlich grossen Hochwassers während etwa 6 Tagen, d. i. ungefähr die Dauer der Fortpflanzung der Hochwasserwelle von der Einmündung der Aare bis zu der des Neckars, eine um 150 cbm grössere Wassermasse als bisher unter gleichen Umständen von dem Bodensee in der Secunde abgegeben würde.

Müsste man nun voraussetzen, dass dieser secundliche Mehrabfluss des Bodensee's, der ungefähr 3 Proc. der Hochwassermasse des Rheines bei Basel und 2,5 Proc. jener bei Mannheim ausmacht, sich ungeschmälert mit der Hochwasserwelle des Oberrheines vereinigte und ebenso ihre Abwärtsbewegung begleitete, so hätte man für die in den einzelnen Stromstrecken dadurch entstehende Hebung des Wasserspiegels die Beziehung

$$h = \frac{150}{a \cdot v + b \cdot v'}$$

worin a die Breite des eigentlichen Strombrettes,
b „ „ der Fluthvorländer und
v u. v' die entsprechenden Abflussgeschwindigkeiten bezeichnen.

Letztere dürfen dabei, da es sich hier um eine höhere Anfüllung des Abflussprofiles handelt, nahezu mit dem Mittelwerth der Oberflächengeschwindigkeit des betreffenden Profiles in die Rechnung eingeführt werden.

Für die Stromstrecke von Basel bis zur Ausmündung der vereinigten Elz und Dreisam (Leopoldscanal) ist a = 200 m. Geschlossene und parallel zur Stromachse begrenzte Fluthvorländer sind hier, wie auch sonst am Oberrhein zur Zeit noch nicht vorhanden, vielmehr breiten sich die Hochwasser noch fast überall in seitlichen Stromarmen und über mehr oder minder weite Niederungen aus; nur an den Strassen- und Eisenbahnübergängen bestehen örtliche Beschränkungen des Inundationsprofiles. Wir nehmen indess hier und im Folgenden das Hochwasserprofil in dem Masse als beschränkt an, wie es seither schon bei neuen Binnendammanlagen da und dort durchgeführt ist. Hiernach wäre für die ebengedachte Stromstrecke $b = 2 \times 90 = 180$ m zu setzen.

v darf in obigem Sinn und für die grössten Hochfluthen zu etwa 4 m, v' bei der niedrigen Lage der Vorländer, und dieselben als nicht bewaldet vorausgesetzt, zu etwa 2m angenommen werden.

Somit wäre

$$h = \frac{150}{200 \times 4 + 180 \times 2} = 0{,}128\,\text{m}.$$

In derselben Weise berechnet, ergibt sich dann: für die Stromstrecke in der Gegend von Kehl

$$h = \frac{150}{250 \times 3 + 180 \times 1{,}5} = 0{,}147\,\text{m},$$

für die Stromstrecke von der Lauter bis Mannheim

$$h = \frac{150}{240 \times 2{,}5 + 300 \times 1} = 0{,}166\,\text{m},$$

für den Rhein zwischen Neckar und Main

$$h = \frac{150}{300 \times 2 + 300 \times 1} = 0{,}166\,\text{m}$$

Demnach würde im ungünstigsten Falle durch den Mehrabfluss des Bodensee's der Hochwasserspiegel des Rheines um etwa 12—16 Centimeter gehoben und zwar zunehmend in der Richtung des Stromlaufes. Letzteres hat schon wenig Wahrscheinliches für sich und weist darauf hin, dass die Art der Berechnung lediglich aus den Abflussgrössen der verschiedenen Stromprofile eine mangelhafte ist.

In der That steht die obige Voraussetzung des unveränderten Vorrückens der secundlichen Mehrzuflussmasse im Widerspruch mit dem Wesen der Hochwassererscheinungen, wie es aus Erfahrung und Anschauung bekannt ist. Wollte man in gleicher Weise, wie hier für die Mehrabflussmenge des Bodensee's geschehen, auch die Wirkung der durch die Anschwellungen der Seitenzuflüsse in den Rhein gelangenden Wassermassen einzeln oder gruppenweise verfolgen, man würde Erhebungen des Rheinwasserspiegels erhalten, die weitaus Alles überstiegen, was jemals dagewesen, und was noch als im Bereich der Möglichkeit liegend angesehen werden kann. Wenn, aus den Pegelaufzeichnungen nachweisbar, seither bei bedeutenden Hochwassern nach Eintritt der Culmination der Wasserstände des Oberrheines der Bodensee noch eine Reihe von Tagen angestiegen ist und seine Abflussmenge dabei nicht selten um viel mehr als um 100 cbm zugenommen hat, ohne dass eine abermalige Hebung oder auch nur eine deutlich merkbare Unterbrechung oder Verzögerung im Sinken des Rheinwasserstandes zu constatiren ist, wenn die grössten Hochwasser des Oberrheines ihren Weg bis zur Nordsee fortgesetzt haben, ohne am Mittel- und Niederrhein mehr als starke Anschwellungen erzeugt zu haben, während wieder die hier auftretenden Hochfluthen ihrem Wasserdebit nach kaum viel bedeutender sein mögen, als jene des Oberrheines, so ist dies alles gewiss nicht allein aus der Verschiedenheit der Abflussprofile und Abflussgeschwindigkeiten zu erklären, vielmehr dürfen wir hierin eine Bestätigung der oben schon angedeuteten Thatsache der allmäligen Verflachung der Hochwasserwelle bei ihrer Abwärtsbewegung erkennen.

Die Ursache dieser an jedem Flusslauf bekannten Erscheinung ist, jedenfalls im Wesentlichen, in der verschiedenen Grösse der Geschwindigkeit in der Fläche der Abflussprofile zu suchen, in der Beschleunigung derselben im Thalwege und in der Nähe der Oberfläche, in der Verzögerung durch die Reibungswiderstände an der Sohle und an den Ufern, in der langsameren Bewegung in den Convexen, in secundären Flussarmen und auf den inundirten Vorländern u. dergl. Jede Flussstrecke übt so eine gewisse Retention auf den Wasserabfluss aus und zwar um so kräftiger, je mehr die Beschaffenheit des Flussbettes von der eines regelmässigen Canales abweicht. Desshalb wächst stromabwärts die Dauer der Hochwasserwelle auf Kosten ihrer Höhe, und es trifft gerade auch für die Rheinhochwasser zu, dass das Product von Erhebung und Dauer ein und derselben Hochwasserwelle in den verschiedenen Stromstrecken nur mässigen Schwankungen unterliegt — hiebei selbstverständlich von den erkennbaren Wirkungen der Seitenzuflüsse abgesehen.

So wenig nun diese Thatsache der Verflachung der Hochwasserwelle angesichts der Wasserstandsaufzeichnungen an sich wird in Zweifel gezogen werden können, so gross sind die Schwierigkeiten, die sich dem Bemühen, die Erscheinung genauer nach Mass und Zeitdauer zu erfassen, entgegenstellen, obgleich man es hier sicherlich mit einem gesetzmässigen Verlaufe zu thun hat. Der störende Einfluss der Schwankungen in der Wasserlieferung der Seitenzuflüsse macht eben jede derartige quantitative Bestimmung so gut wie unmöglich.

Auch der Versuch einer experimentellen Ermittlung hat kaum den gewünschten Anhalt gegeben. Es wurde hiezu der vollkommen geradlinige, in Längen- und Querprofil durchaus regelmässige 12 Kilometer lange Fluthcanal benützt, durch welchen die Hochwasser der vereinigten Elz und Dreisam dem Rheine zugeführt werden. Durch wiederholtes Oeffnen und Schliessen der Schützen der am oberen Anfange des Canales vorhandenen Schleusen wurden dem Canale abwechselnd grössere und kleinere Wassermassen zugeleitet und nun die Vorwärtsbewegung der so erzeugten Wellenberge und Wellenthäler an den auf der ganzen Länge des Canales in grosser Zahl errichteten Pegelscalen genau beobachtet. Das Ergebniss einer solchen Operation ist in Fig. 7, Blatt VI zur Anschauung gebracht. Der gewöhnliche (Beharrungs-) Wasserstand des Canales ist als Achse der Darstellung angenommen. Die verschiedenen Curven verbinden die gleichzeitigen Wasserstandsaufzeichnungen an den einzelnen Pegeln und zwar von 10 zu 10 Minuten. Die Operation begann Vormittags 8 Uhr mit dem Oeffnen der vordern theilweise geschlossenen Schleuse; 8 Uhr 20 Minuten war die Oeffnung bewirkt und trat nun wieder eine Senkung des oberen Wasserspiegels ein. Die an die Scheitel der einzelnen Wasserstandscurven tangirend angelegten Curven (Umhüllenden) zeigen die rasche und stetige Ausgleichung der Wellenberge wie der Wellenthäler.

Die Grössenverhältnisse dieses Experimentes weichen aber allzu sehr ab von denen, wie sie für unsere Frage vorliegen, als dass das Ergebniss desselben zur Grundlage einer methodischen Bestimmung der Wirkung des

vermehrten Bodenseeabflusses auf die Wasserstände des Rheines dienen könnte. Dazu ist die Beziehung unter diesen Grössen nicht bekannt und zwar umsoweniger als die Operation an dem Leopoldscanale nicht so lange fortgesetzt werden konnte, dass auch hohe und niedere Beharrungszustände sich einstellten. Zwischen der unendlich kleinen und unendlich grossen Zeitdauer des Mehr- resp. Minder-Zuflusses muss aber ein Zeitmass liegen, welches eben genügt, um einen Beharrungszustand der Wasserstände zu erzeugen und diese Zeitdauer wäre vor Allem zu kennen nöthig, wenn mit dem Ergebniss des Experimentes weiter gerechnet werden wollte.

Soviel ist aber sicher, und hierin liegt immerhin ein gewisser Werth des Experimentes, dass der in Fig. 7, Blatt VI dargestellte Vorgang bei allerdings sehr erheblicher gradueller Verschiedenheit doch seinem inneren Wesen nach derselbe ist, wie die Verflachung einer Anschwellung des Rheins und es ist ebenso klar, dass die fast absolute Regelmässigkeit des Längen- und Querprofiles des Elz- und Dreisamcanales die Vorwärtsbewegung der Wasserwelle in ungeschwächter Höhe in eben dem Masse begünstigte, als in den Unregelmässigkeiten des Laufes des Oberrheines von dem Rheinfall unterhalb Schaffhausen bis zu der seeartigen Erweiterung des Stromes im Rheingaue zahlreiche und sehr wirksame Bedingungen zur Verzögerung und mithin zur Abschwächung der Fluthwellen vorhanden sind.

Auch bei der Erörterung der Schaffhauser Bedingung ist oben schon auf die Wahrnehmung hingewiesen worden, dass die Ansteigungen des Rheines in Schaffhausen stets etwas geringer sind, als jene bei Stein, und es ist nicht anzunehmen, dass der Grund hievon lediglich in der, übrigens auch wenig verschiedenen Grösse der Abflussprofile und der Abflussgeschwindigkeiten liegt. Denn die analoge Erscheinung ergibt sich aus der Vergleichung der Wasserstandsbewegungen von Constanz und von Schaffhausen. So fand, um nur ein Beispiel anzuführen, Ende Dezember 1870 eine Erhebung des Bodenseespiegels um nahezu 30 ctm statt, die in Schaffhausen ein Wachsen des Rheines um nur 18 ctm zur Folge hatte. Dabei dauerte die Anschwellung im See nur 5, in Schaffhausen aber 8 Tage, was wieder dafür spricht, dass es sich hier nicht nur um die Wirkung verschiedener Abflussgrössen, sondern um Retardirung in der Vorwärtsbewegung der Wasserwelle handelt.

Die Vergleichung der totalen jährlichen Ansteigungen von den niedersten bis zu den höchsten Wasserständen lässt gleichfalls stets ein etwas geringeres Mass der Ansteigung bei Schaffhausen gegenüber jenem im Bodensee erkennen und zwar resultirt aus den Wasserstandsschwankungen der Jahre 1868 bis 1877 eine Differenz in gedachtem Sinne von durchschnittlich 16,3 Procent.

Dürfen wir nun unterstellen, dass diese Differenz, wenn nicht ganz, so doch zum grösseren Theile aus der Verflachung der Wasserstandsbewegungen in dem rot. 20 km langen Flusslaufe von Stein bis Schaffhausen herrührt und erwägen wir, dass diese Rheinstrecke, in ihrer Zugslinie, in Längen- und Querprofil, sowie nach Beschaffenheit des Flussbettes einen Grad von Regelmässigkeit zeigt, wie sie sich in dem Rheinlaufe von Schaff-

hausen abwärts nirgendwo mehr wiederholt, dass also zwischen Stein und Schaffhausen die Bedingung zur Abschwächung der Wasserstandsbewegungen in ungleich geringerem Masse vorliegen als in dem Laufe des Oberrheines von Schaffhausen bis Bingen, so ist es zwar damit keineswegs hinreichend begründet, für eine versuchs- oder beispielsweise Darstellung aber wohl zulässig, wenn wir annehmen, dass die Wasserstandsschwankungen von Schaffhausen abwärts etwa in ähnlicher Proportion zur Flusslänge wie zwischen Stein und Schaffhausen in ihrer Höhe sich vermindern. Die aus den graphischen Darstellungen Blatt VII bis Blatt X als Wirkung der Regulirung des Seeausflusses erhaltene Maximalerhebung des Wasserspiegels am unteren Ende der Regulirungsstrecke (I. P. No. 26) von 60 ctm würde sich, wenn eine Abnahme der Höhe der Fluthwelle von nur 12 Procent auf je 20 km Länge, wie sie auch aus dem oben beschriebenen Experiment am Elz-Dreisam-Canal resultirt ist, unterstellt wird, stromabwärts im Sinne der in Blatt VI, Fig. 8 ausgezogenen Curve vermindern, also z. B. bei Basel noch 21,6 ctm, bei Breisach 14,7 ctm, bei Kehl 10,5 ctm, bei Maxau 6,3 ctm und unterhalb Mannheim 4,3 ctm betragen.

Dazu käme dann noch die Rücksicht auf die Wirkung der Variation der Abflussfactoren: Flussbreite und mittlere Oberflächengeschwindigkeit. Eine weitere wirksame Abschwächung der Höhe der Fluthwelle findet dadurch jedenfalls schon in der Strecke Schaffhausen-Basel statt; doch ist die Gestaltung des Flussbettes nach Längen- und Querprofil hier allzu unregelmässig, als dass eine Berechnung mit den Abflussgrössen zu einem glaubwürdigen Resultate führen könnte. Dies gilt zwar auch noch von den dermaligen Stromverhältnissen des Rheines von Basel abwärts, doch wird hier der regelmässige Stromschlauch von Jahr zu Jahr mehr ausgebildet. Lassen wir nun die Erniedrigung der Fluthwelle zwischen Schaffhausen und Basel als Folge der Zunahme der Flussbreite und der Geschwindigkeit gegenüber dem Abflussprofile bei dem Int. Pgl. No. 26 ganz bei Seite, unterstellen wir dagegen einen vollständig geschlossenen Stromlauf von Basel abwärts und sehen wir ferner — um jetzt alle günstigen Prämissen zu eliminiren —, von der Wirkung der Fluthvorländer völlig ab, so haben wir beispielsweise zwischen dem Rheinprofil nächst unterhalb Basel und jenem in der Gegend von Kehl aus der oben ermittelten Verflachung der Fluthwelle die Beziehung:

$$Q : 0{,}216 = Q_1 : 0{,}105,$$

oder durch Einführung der Abflussgrössen an Stelle von Q:

$$200 \times 4 \times 0{,}216 : 0{,}216 = 250 \times 2{,}5 \times h = 0{,}105,$$

worin h die neu zu bestimmende Erhebung des Wasserspiegels bei Kehl bezeichnet; hieraus:

$$h = \frac{200 \times 4 \times 0{,}105}{250 \times 2{,}5} = 0{,}134 \text{ m.}$$

In gleicher Weise ergibt sich für das Rheinprofil

bei Maxau

$$h = \frac{200 \times 4 \times 0{,}063}{240 \times 2{,}2} = 0{,}095 \text{ m,}$$

bei Mannheim

$$h = \frac{200 \times 4 \times 0{,}043}{240 \times 2} = 0{,}071 \text{ m},$$

nächst unterhalb Mannheim

$$h = \frac{200 \times 4 \times 0{,}043}{300 \times 1{,}7} = 0{,}067 \text{ m}.$$

(Vergl. Bl. VI, Fig. 8 strichpunktirte Linie.)

Dies wären also die temporären Erhöhungen des Wasserspiegels des Rheines aber nun nicht bei eigentlichem Hochwasser, sondern nur bei vollbördigem Wasserstande. Für die Hochwasserstände wären wieder grössere Geschwindigkeiten und der Abfluss über die Fluthvorländer in Rechnung zu ziehen, wodurch sich die Werthe für h selbstverständlich um ein Namhaftes verminderten.

Man sieht hieraus wenigstens soviel, dass selbst unter den denkbar ungünstigsten Voraussetzungen nur sehr geringe Wirkungen der Abflussänderung des Bodensee's auf die höheren Wasserstände des Oberrheines resultiren, geringer, als sie eine mässige Anschwellung eines Einzigen der Affluenten erwiesenermassen hervorbringt und es dürfte die Sache sich in Wirklichkeit noch viel ungünstiger gestalten, bevor die Interessen der Rheinanwohner ernstlich in Frage kämen, selbst wenn einmal die hier unterstellte Regelmässigkeit des Stromlaufes in der Niederung von Basel abwärts, von welchem Ideal der heutige Zustand noch sehr weit entfernt ist, verwirklicht werden sollte. Noch viele Decennien mögen aber vergehen, bis dies der Fall sein wird und bis dahin wird so Manches in dem Stromregime des Oberrheines sich anders gestalten als heute und zwar weit einschneidender, als es durch irgend eine künstliche Aenderung des Bodenseeabflusses nur denkbar wäre. —

Endlich bleibt noch die Wirkung unseres Unternehmens in Bezug auf die Niederwasserstände des Rheines zu besprechen. Es wird damit eine Frage berührt, die bisher keine Beachtung gefunden hat, indem die Befürchtungen die sich in Bezug auf die Folgen der Regulirung des Bodenseeabflusses unter den Rheinanwohnern geregt haben, ausschliesslich nur die vermeintliche Verschlimmerung der Hochwasserzustände im Auge hatten. Wenn aber wirklich die beabsichtigte Aenderung des Bodenseeausflusses sich in dem Regime des Rheines auf grössere Entfernung noch fühlbar machen sollte, so könnte es scheinen, dass dadurch das Verhalten der Niederwasserstände ebenso, ja noch mehr als das der höhern Rheinstände alterirt werden möchte, letzteres desshalb, weil die niederen Wasserstände gegenüber jeder Aenderung der Wasserzuführung am meisten empfindlich sein sollten. Auch sind es keineswegs die unwichtigsten Interessen, die sich an das Verhalten der niederen Rheinwasserstände knüpfen von dort ab, wo der Strom zur grossen Wasserstrasse, zu einer der wichtigsten Verkehrsadern des europäischen Binnenlandes geworden ist.

Wie nun mit der Erfüllung der Schaffhauser Bedingung die Interessen

der Anwohner des Oberrheines noch nicht ausreichend gewahrt erschienen, so wäre auch der Umstand, dass die niederen und selbst schon die mittleren Wasserstände des Bodensee's von der Regulirung seiner Abflussverhältnisse nicht berührt werden sollen, für sich allein nicht genügend, die Besorgniss, dass diese Regulirung die Alimentirung des Rheines in wasserarmer Jahreszeit stören und damit seine niedrigen Schifffahrtswasserstände nachtheilig beeinflussen könnte, zu zerstreuen. Denn, eben weil nicht der Abfluss des Bodensee's es ist, wodurch die Rheinwasserstände vorzugsweise bestimmt werden, könnte auch nach erfolgter Regulirung des Seeausflusses es sich wohl ereignen, dass am Rhein ein niedriger, den Schifffahrtsbetrieb beschränkender Wasserstand sich schon eingestellt hat, während die Anschwellung des Bodensee's noch im Rückgange begriffen ist und, entsprechend der Mehrabflussmenge, zur Zeit des Ansteigens des Seespiegels, jetzt eine geringere Wassermasse aus dem Bodensee abfliesst, als im gleichen Falle unter den gegenwärtigen Verhältnissen.

In der Regel ist es nur die Zeit von Anfang October bis Ende November, während welcher bei sehr regenarmer Herbstwitterung oder bei schon begonnenem Schneefalle in den höheren Lagen des Sammelgebietes die Rheinschifffahrt unter der gedachten Calamität zu leiden hat. Die graphischen Darstellungen Blatt VII bis Blatt X weisen nur einen einzigen Fall auf — den Jahrgang 1865 — in welchem während solcher wasserklemmen Zeit die Regulirung des Seeausflusses eine Verminderung der Wassermasse zur Folge gehabt hätte. Der Minderausfluss beträgt Anfangs October aber nicht mehr als 50 cbm pro Secunde und nimmt von hier an sehr rasch ab, so dass er nur noch mit circa 25 cbm in den folgenden Monat übergeht und gegen dessen Ende verschwindet. Zwar finden wir auch in mehreren der übrigen Jahrgänge noch Minderausflüsse in den Monaten October und November, in erheblichem Masse aber nur dann, wenn, wie 1866 und 1869, das Sommerhochwasser von ungewöhnlich langer Dauer war oder wenn, wie 1867, 1868, 1870 und 1875 im Spätjahre noch eine kleine Anschwellung des Bodensee's stattgefunden hat, in welchen Fällen, da derartige Anschwellungen durch weitverbreitete Regengüsse verursacht sind, auch der Rhein der Schifffahrt genügende Fahrwassertiefe bietet.

Uebrigens sei hier auch daran erinnert, dass in den graphischen Darstellungen Blatt VII bis X die Wirkung der in der Stiegener Enge zu erstellenden Einschränkungswerke für das Niederwasserprofil nicht berücksichtigt ist. Diese Wirkung wird aber eben darin bestehen, dass die Minderabflüsse des Bodensee's als Folge der Regulirung rascher zum Abschluss kommen, als nach unseren Berechnungen.

Wenn nun, wie aus Blatt VII bis Blatt X zu entnehmen, die durch die projectirte Regulirung des Bodenseeabflusses bedingten Minderabflüsse ungefähr dieselben Grössenverhältnisse aufweisen wie die Mehrabflüsse, so besteht doch zwischen der Wirkung beider auf die entsprechenden extremen Wasserstände des Rheines darin ein wesentlicher Unterschied, dass die Niederwassererscheinung überhaupt unter dem Einflusse mehr homogener

Verhältnisse steht. Indem nämlich diese Wasserstände, namentlich wenn sie sich ihrem Minimum nähern, bedingt sind, durch Witterungsverhältnisse von längerer Dauer, die auf die Zuflüsse des Bodensee's, wie auf jene des Oberrheines die gleiche Wirkung haben, würde ein derart ungünstiges Zusammentreffen, wie das eines in Folge seiner Ausflussregulirung stattfindenden Minderabflusses des Bodensee's mit einem sehr kleinen Rheinstande jedenfalls nur zu den seltensten Ausnahmen zu rechnen sein, was wir in gleichem Grade bezüglich des Zusammentreffens des Mehrabflusses mit einem Hochwasser des Oberrheines nicht annehmen durften. Auch besteht ein Causalzusammenhang zwischen den Wasserständen des Bodensee's und jenen des Oberrheines für die niederen Wasserstände noch weit weniger als für die höheren, indem bei den erstgenannten die Speisung des Stromes zum grossen Theile durch das nach seinem Bette drängende Seih- und Grundwasser geschieht.[1] Im Uebrigen aber greifen für die Niederwasserfrage dieselben Erwägungen Platz, die oben gegen die Annahme eines erheblichen Einflusses der Regulirung des Bodenseeabflusses auf die hohen Rheinwasserstände geltend gemacht worden sind. Was insbesondere hinsichtlich der allmähligen Verflachung der Wasserstandsschwankungen erörtert worden, trifft auch für die Fortpflanzung der zeitweiligen relativen Senkungen der Wasserstände des Rheines unterhalb der Bodenseeausmündung zu. Und ist dabei einerseits nicht zu verkennen, dass für die Niederwasserstände die Rechnung mit den Abflussgrössen, wie sie oben für die höheren Wasserstände angestellt worden, zu verhältnissmässig intensiveren Wirkungen führen müsste, und ist ebenso auch aus der Fig. 7, Blatt VI zu schliessen, dass die Verflachung der Wellenthäler nicht ganz in derselben raschen Progression abnimmt, wie jene der Wellenberge, so fällt dafür anderseits ins Gewicht, dass die vitalen Interessen der Rheinschifffahrt erst in der grossen Entfernung von etwa 350 km vom Bodenseeausfluss in Frage kommen.

All diese Raisonnements sind doch wohl geeignet, die Befürchtungen einer Schädigung der Rheinanwohner in Folge der etwaigen Ausführung der projectirten Regulirung des Bodenseeausflusses theils nicht als begründet, theils als übertrieben erscheinen zu lassen. Widerlegung mit mathematischer Schärfe haben sie hier freilich nicht erfahren, indem es namentlich nicht gelungen ist, das Moment der Verflachung der stromabwärts sich fortpflanzenden Wasserstandsbewegungen zur wissenschaftlichen Evidenz zu bringen in der Weise, dass der gesetzmässige Verlauf der Erscheinung auch metrisch hätte fixirt werden können. Allein, wenn dies auch möglich wäre, so stünden in

[1] Die Ansicht, dass die niedern Beharrungswasserstände in solchen Flüssen, deren Bette in permeabelm Boden eingeschnitten sind, hauptsächlich durch den Abzug des dem Sinken der Flusswasserstände erst langsam folgenden Seih- und Grundwassers bedingt werden, und dass in grossen Strömen der Wasserstand demzufolge unter ein gewisses Minimum nicht mehr herabgeht, auch wenn die Wassermengen der offenen Zuflüsse immer noch abnehmen, hat in der neueren Zeit mehr und mehr Raum gewonnen. Vergl. Lorenz von Liburnau, Wald, Klima und Wasser.

dem Complex von Bedingungen und Voraussetzungen, mit welchem wir hier zu rechnen hätten, dem Versuche der quantitativen Bestimmung jener Grössen noch allzuviele und unübersteigliche Schwierigkeiten entgegen.

Der beste und einzig sichere Weg zur Lösung der Frage wäre wohl der der experimentellen Ermittlung; doch müsste das Experiment im grossen Massstabe angestellt werden. Solches erscheint auch nicht unmöglich, indem der Abfluss mehrerer der See'n im Gebiete der Aare, Reuss und Limmat durch Schleusenvorrichtungen künstlich regulirt werden und mittels dieser während eines annähernden Beharrungszustandes des Oberrheines dessen Wasserzufluss um ein bestimmtes Mass vorübergehend vergrössert und vermindert und die Wirkung auf die Wasserstände des Rheines genau beobachtet werden könnte. Aus dem Resultate solcher concreter Feststellungen würden sich mit grösserer Sicherheit Schlüsse gewinnen lassen als aus den obigen mehr auf allgemeinen Erfahrungen fussenden, in gewissem Sinne auch nur hypothetischen Beweisgründen.

Indess mangelt es auch nicht an ausgeführten Unternehmungen analoger Art, über deren Wirkungen schon die Erfahrung reden kann. Denn, ganz abgesehen von ähnlichen Massregeln an anderen Binnensee'n, unterliegen alle zu Meliorationszwecken ausgeführten Flusscorrectionen, alle Eindeichungen von Flussniederungen, Entsumpfungen u. dergl. in Bezug auf ihre Wirkung nach der Richtung des Wasserabflusses mehr oder minder denselben Gesichtspunkten, wie das Project der Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's. Immer sind Unternehmungen dieser Art für die unteren Gegenden unwillkommen und in den meisten Fällen auch Einsprachen von dort her begegnet, doch haben sich die Befürchtungen, auf die sie sich gründeten, fast überall nicht bewahrheitet. Ja es ist eine fast bei allen ausgeführten Flusscorrectionen gemachte Erfahrung, dass die Wirkung flussaufwärts thatsächlich grösser, jene flussabwärts aber geringer sich eingestellt hat, als man zu erwarten sich berechtigt glaubte.

Wohl mehr als sonst irgendwo sind gerade im oberen Flussgebiete des Rheines, von seinem und seiner Zuflüsse Quellen bis da, wo der Fluss zum mächtigen schiffbaren Strome wird, seit Anfang unseres Jahrhunderts bis in die jüngsten Tage solche Unternehmungen ins Leben getreten und, obschon nicht wenige derselben in die bestehenden Verhältnisse tief eingeschnitten haben und im Wesentlichen immer derselbe Zweck, wie er auch unserem Projecte zu Grunde liegt — Senkung der Hochwasserstände — verfolgt worden ist, liegt keinerlei sicherer Anhalt dafür vor, dass das Regime des Rheines eine Verschlimmerung erfahren hat. Weder der Rhein oberhalb des Bodensee's, noch kaum einer der Zuflüsse des Oberrheines ist nicht schon mehr oder weniger eingreifenden flussbaulichen Operationen unterzogen, in seinem Laufe regulirt, durch Uferbauten eingeschränkt und eingedämmt und, wo es noch nicht geschehen, ist dies nach den Hochwasserereignissen der letzten Jahre in Aussicht genommen worden. Die gewaltigste Umgestaltung aber ist mit dem Oberrhein selbst, zwischen Basel und der hessischen Grenze und auch noch im Gebiete des Grossherzogthums Hessen vorgenommen worden.

Als im Jahr 1825 die Regierungen von Baden und Bayern, ermuthigt durch den Erfolg einiger in den Jahren 1817 bis 1819 gemeinschaftlich ausgeführten Rheindurchschnitte, über die Fortsetzung der Rectification des Stromes durch eine Reihe weiterer Durchstiche Vereinbarung getroffen hatten, da hatten sich in den unteren Rheingegenden die ernstlichsten Besorgnisse wegen schädlicher Wirkung jener Massnahmen geregt. Insbesondere erhob die Königl. preussische Regierung energische Einsprache gegen die Fortsetzung des Unternehmens der badisch-bayerischen Rheincorrection auf Grund eines technischen Gutachtens, welches unübersehbar verderbliche Folgen jenes Correctionsunternehmens für die Gegend des Mittelrheines durch rascheren und höheren Anlauf der Hochfluthen und schwere Schädigung der Schifffahrtsinteressen durch vermehrte Geschiebezufuhr und Fahrwassermangel bei niederen Wasserständen in Aussicht stellte. In jenen langwierigen Verhandlungen war man gleichfalls um den ziffermässigen Nachweis der Wirkungen des Unternehmens auf die unteren Gegenden nicht wenig verlegen, doch aber darin einig, dass dieselben sich in erheblichem Masse nicht über die Gegend von Bonn hinaus erstrecken würden. Die Rheinrectification entlang der badisch-bayerischen Grenze kam aber mit nicht sehr bedeutenden Modificationen zur Ausführung, und die Rectification wurde nachmals nach denselben Grundsätzen, ohne dass sich eine Einsprache von den unteren Rheingegenden her wiederholt hätte, auf den 1838 noch in hohem Grade verwilderten Rheinlauf entlang der badisch-elsässischen Grenze ausgedehnt. Das grossartige Strombauwerk kann heute im Wesentlichen als vollendet angesehen werden, und es ist eine gewaltige Umgestaltung, welche die Stromverhältnisse hier erfahren haben: der gegenwärtig rot. 270 km lange Rheinlauf von Basel bis zur badisch-hessischen Grenze ist gegenüber dem Zustande von 1817, beziehungsweise 1838, um nicht weniger als 80 km nach der generellen Thalwegsrichtung verkürzt und überall in einen geschlossenen Stromschlauch eingebettet worden. Die befürchteten üblen Folgen auf den Mittel- und Niederrhein aber sind ausgeblieben. Wenn die jüngsten Hochwasserereignisse bei Einigen neuerdings wieder solche Befürchtungen wachgerufen haben, so ist dabei eben nicht bedacht worden, dass gerade diese Hochfluthen die Gegend zwischen Basel und Mannheim gar nicht minder schwer heimgesucht haben, als jene unterhalb der badisch-hessischen Grenze, was klar genug der Meinung widerspricht, dass hier die hohen Rheinwasserstände durch die Wirkung der Rheinrectification entlang der badischen Grenze verursacht oder in erheblichem Masse gesteigert worden seien.

Von den zahlreichen Flussbauwerken im schweizerischen Sammelgebiete des Rheines sei hier beispielsweise nur auf eines hingewiesen, die sogenannte Juragewässercorrection. Hier ist in den letzten Jahren das Niveau des Bieler See's um über 2 m bleibend tiefer gelegt und zugleich seine Ausmündung im Sinne eines verstärkten Abflusses verändert worden, ohne dass in der unteren Aare oder im Rhein schlimme Folgen hievon verspürt worden wären. Das Unternehmen hat aber noch eine andere Bedeutung für den Rhein, indem es in der Absicht liegt und binnen Kurzem verwirklicht sein wird, die Aare

in den Bieler See einzuleiten. Letzterer hat zwar auch bisher schon eine gewisse ausgleichende Wirkung auf die grössten Hochwasser der Aare insofern geäussert, als diese zeitweise durch die Ziehl in den Bieler See zurückgeflossen ist. Künftig wird aber nicht allein das Rententionsvermögen des Bieler See's in weit höherem Grade für den Abfluss der Aare nutzbar gemacht, sondern auch das des Neuenburger und des Murtensee's gewonnen, so dass die Hochfluthen der Aare sich hier in einem etwa 300 qkm messenden Bassin ausbreiten. Mit Berücksichtigung anderseits des verstärkten Abflusses des Bieler See's ist in dem Projecte der Juragewässercorrection berechnet, dass die Hochwassermasse der Aare bei Büren um rot. 300 cbm künftig weniger betragen werde als seither. Wir haben demnach von der Aare, jenem Seitenflusse des Rheines, dessen Wasserführung, wie wir gesehen, für das Regime des Rheines dem Abflusse des Bodensee's gegenüber entschieden überwiegt, einen Minderzufluss bei Hochwasser zu gewärtigen, der etwa um die Hälfte mehr beträgt, als das Maximum des als Folge der Regulirung der Abflussverhältnisse des Bodensee's zu erwartenden zeitweisen Mehrzuflusses.

So mögen auch im übrigen Stromgebiete des Rheines die ungünstigen und die günstigen Wirkungen der flussbaulichen Operationen sich bald mehr bald weniger ausgeglichen haben, denn die Beschleunigung des Abflusses der Hochgewässer in dem Hauptstrome und in den Affluenten kann ganz ebenso eine Verminderung wie eine Vergrösserung der Fluthwelle des Hauptstromes zur Folge haben. Ersteres wird sogar, und es ist dies am Oberrhein mit ziemlicher Sicherheit nachzuweisen, mehrentheils der Fall sein, indem zwar die Intensität der Anschwellungen in den einzelnen Zuflüssen gesteigert, ihr Eintreffen in dem Hauptstrome aber in gewissen Zeitabschnitten und fast immer v o r der Fluthwelle aus den oberen Gebieten erfolgt, so dass letzere durch des raschere Anlaufen der Seitenflüsse in der Regel in ihrer Dauer verlängert und in der Höhe ihrer Ansteigung ermässigt wird, wogegen der umgekehrte Fall schon eine besonders ungünstige zeitliche Vertheilung der Niederschlagsmaxima in den einzelnen Zuflussgebieten voraussetzt. Der Abfluss des Bodensee's spielt aber, wie gezeigt worden, im Stromregime des Oberrheines durchaus die Rolle eines Affluenten.

Auf der anderen Seite besteht für den Bodensee selbst gegenüber der Beschleunigung des Wasserabflusses in seinem Einzugsgebiete die Wahrscheinlichkeit einer solchen günstigen Wirkung nicht oder doch kaum in nennenswerthem Masse, weil die Dauer der Anschwellungen des See's, auch in ihren sehr hohen Ständen, weit länger ist, als die durch Correctionen der Zuflüsse etwa bedingte zeitliche Verschiebung in dem Ergusse der Hochwasser in das Seebecken.

Neben den technischen und wirthschaftspolitischen werden es indess Erwägungen staats- und völkerrechtlicher Natur sein, welche bei der endgiltigen Entscheidung über die Zulässigkeit der Regulirung der Abflussverhältnisse des Bodensee's mit Rücksicht auf die Interessen der Rheinanwohner noch wesentlich in Betracht kommen.

Erörterungen dieser Art liegen der Aufgabe der vorliegenden Arbeit fern; hier sollte überall nur von der Thatfrage gehandelt werden und ist jene Aufgabe erfüllt, wenn der Nachweis gelungen ist:

1) dass das Verlangen der Bodenseeanwohner nach Tieferlegung der Hochwasserstände des See's innerhalb gewisser Grenzen ein berechtigtes ist;
2) dass dem Bedürfnisse auf keinem anderen Wege als durch die Regulirung der Abflussverhältnisse des Bodensee's entsprochen werden kann und dass das oben beschriebene Project mit den der Detailbearbeitung noch vorzubehaltenden Modificationen dem Zwecke und den gestellten Bedingungen in der Hauptsache entspricht;
3) dass dieses Project sich vollständig innerhalb der Schranken der Abhilfe der am Bodensee beklagten Missstände hält, welch' letztere ja eben auch durch künstliches Zuthun in dem Sammelgebiete des See's einigermassen gesteigert worden sind und dass gegenüber weiteren Aenderungen der Zuflussverhältnisse dem Projecte sogar die Bedeutung einer Präventivmassregel zukommt und endlich
4) dass nachtheilige Folgen des Unternehmens für die Interessen der Rheinanwohner unterhalb Schaffhausen nur bei seltenem Zusammentreffen ganz besonders ungünstiger Umstände und immer nur in so geringem Grade zu besorgen wären, dass, wenn hiezu wirklich ein Bedürfniss auftreten sollte, diesen Folgen durch örtliche Massnahmen überall würde vorgebeugt werden können.

Wie nun unter den Kreisen der Bodenseeanwohner, wenn sie gleich in der Correction des Rheines als Hauptzufluss des See's vielleicht mehr als begründet die Ursache thatsächlicher und fernerhin bedrohlicher Verschlimmerung des Seeregimes seit lange erkennen zu müssen vermeinten, zu keiner Zeit auch nur die Absicht einer Reclamation gegen die im Gebiete von Vorarlberg und der schweizerischen Cantone Graubündten und St. Gallen ausgeführten Rheincorrectionsbauten kund gegeben worden ist, weil man eben am Bodensee den eminenten Nutzen jener Unternehmung für das obere Rheinthal anzuerkennen sich nicht entschlagen konnte, so dürfte auch die Entscheidung über die Bauwürdigkeit und Zulässigkeit unseres Unternehmens schliesslich in der Frage gipfeln, was schwerer wiegt: der Nutzen desselben am Bodensee oder die etwaigen Nachtheile an den Ufern des Rheines.

Wir wollen hoffen, dass diese Frage im Sinne obiger Ausführungen wird bejaht werden können und dass die Gestade des Bodensee's am Ende nicht allein im Stromgebiete des Rheines ausgeschlossen bleiben müssen von der Wohlthat, welche die Hydrotechnik durch Vorkehrungen zur Abwendung oder Minderung der Hochwasserschäden zu bieten vermag.

Anlagen.

Anlage I.

Vereinbarung

zwischen den Abgeordneten der Bodensee-Uferstaaten Baden, Bayern, Oesterreich, Schweiz und Württemberg, betreffend die Regulirung des Wasserabflusses aus dem Bodensee bei Constanz.

Artikel 1.

Um den bisherigen nachtheiligen Wirkungen der allzu hohen Wasserstände am Bodensee durch künftige Tieferlegung derselben vorzubeugen, sollen die abgebrannte Rheinmühle sammt Nebenwerken bei Constanz nicht wieder hergestellt, die noch vorhandenen Ueberreste dieser Mühlwerke und die dazu gehörigen sogenannten Stauzeilen am Rhein beseitigt und überhaupt die Herstellung ähnlicher Wasserbauwerke für die Zukunft nicht mehr gestattet werden. Weitere Vorkehrungen zur Verminderung der Anschwellungen des Bodensee's werden zunächst nicht erforderlich.

Artikel 2.

Die Grossh. badische Regierung übernimmt die thunlichst baldige Wegräumung der Ueberreste der abgebrannten Rheinmühle sammt Nebenwerken, sowie die vollständige Entfernung der beiden sogenannten Stauzeilen links und rechts oberhalb der Brücke im Rhein bei Constanz.

An den Kosten für die desfallsige Wegräumung wird der Grossh. badischen Regierung die Summe von 1000 fl.,

in Worten: Eintausend Gulden,

im $24\frac{1}{2}$-fl.-Fuss vergütet. (Artikel 6.)

Artikel 3.

Für die von der Stadtgemeinde Constanz erklärte Verzichtleistung auf alle und jede bisherigen Mühlen- und Wasserrechte, wess Namens immer, erhält dieselbe als Entschädigung die Summe von 24,000 fl.,

mit Worten: Vierundzwanzigtausend Gulden,

wobei derselben ihre weiteren Ansprüche an die Grossh. badische General-Brandkasse vorbehalten bleiben.

Artikel 4.

Die Lichtweite der jetzigen Brücke darf nicht beschränkt werden.

Für den Fall der Erbauung neuer Brücken oder von Uferschutzbauten in der Nähe der jetzigen Constanzer Brücke soll oberhalb und an der dermaligen Stelle derselben das mit 400 Fuss mittlerer Lichtweite berechnete Normalprofil, unterhalb derselben aber das bestehende geschlossene Profil am Pulverthurm massgebend sein.

Artikel 5.

Sollte in der Folge eine Vergrösserung des Niederwasserprofils beim Ausfluss des Obersee's am Leuchtthurm in Constanz erfolgen, so dass ein Herabgehen des niedersten Seestandes unter das bisher bekannte Minimum von 13' 3" unter dem Nullpunkt des Constanzer Pegels zu befürchten stünde, so soll dieser Senkung durch Feststellung des obigen Profils in der bisherigen Grösse mittelst geeigneter Stauvorrichtungen vorgebeugt werden.

Die Kosten der ersten Herstellung solcher Stauvorrichtungen werden bis zum Maximalbetrag von 5000 fl.,

mit Worten: Fünftausend Gulden,

von den sämmtlichen betheiligten Uferstaaten bestritten.

Artikel 6.

Der Aufwand für die Wegräumung der noch vorhandenen Abflusshindernisse

im Rhein (Artikel 2) mit	1000 fl.
und die an die Stadt Constanz zu leistende Entschädigung (Artikel 2) mit	24,000 fl.,
zusammen . . .	25,000 fl.,

wird von den betheiligten Uferstaaten in nachfolgender Weise bestritten werden:

Baden, Grossherzogthum, mit	7000 fl.,
Baiern, Königreich, "	1500 fl.,
Oesterreich, Kaiserthum, "	7200 fl.,
Schweiz, Eidgenossenschaft, "	7800 fl.,
Württemberg, Königreich, "	1500 fl.,
zusammen . . .	25,000 fl.

Nach den gleichen Verhältnisszahlen soll auch derjenige Beitrag umgelegt werden, welcher für die allenfallsige Ausführung künftiger Stauvorrichtungen (Art. 5) nöthig werden könnte.

Artikel 7.

Für die vorstehende Vereinbarung wird die Genehmigung der betreffenden hohen Regierungen ausdrücklich vorbehalten.

Constanz, den 31. August 1857.

Ratificirt von Baden am 27. Januar 1858,
" " Bayern am 2. December 1857,
" " Oesterreich am 19. Januar 1858,
" " der Schweiz am 22. März 1858,
" " Württemberg am 24. Februar 1858.

Anlage II.

Sitzungsprotocolle

der technischen Vorberathung über Regulirung der Hochwasserstände des Bodensee's vom 24., 26. und 27. März 1873.

Gegenwärtig als Abgeordnete:

des schweizerischen Bundesrathes:
Ober-Inspector von Salis,

der Regierung des Cantons Thurgau:
Regierungsrath Braun und
Strassenbau-Inspector Züblin,

der Regierung des Cantons Schaffhausen:
Professor Amsler,
Strassen- und Wasserbau-Inspector Bringolf,

der Grossh. badischen Regierung:
Grossh. Assessor Honsell,
" Bezirks-Ingenieur Beger,
" " Schmitt.

Erste Sitzung.

Constanz, den 24. März 1873, Vormittags 9 Uhr.

Assessor Honsell begrüsst die Commission und stellt den Antrag, zunächst die Wahl eines Vorsitzenden vorzunehmen; er schlägt vor, die Commission wolle Ober-Inspector von Salis ersuchen, die Leitung der Verhandlung zu übernehmen. Ober-Inspector von Salis lehnt ab, da er zur Zeit noch nicht genügend über den Berathungsgegenstand informirt sei. Ass. H. übernimmt sodann auf Wunsch der nicht badischen Mitglieder den Vorsitz.

Regierungsrath Braun beantragt, über den Verlauf der Sitzungen jeweils ein Protocoll zu führen.

Die Commission ist damit einverstanden. Ingenieur Caroli, zur Zeit in Constanz, wird zum Protocollführer ernannt.

Der Vorsitzende legt der Commission die badischer Seits gefertigten Vorarbeiten vor.

Es sind folgende:

Op. 1. Graphische Darstellungen der Pegelstände (11 Blätter in doppelter Ausfertigung).

Op. 2. Situationspläne.
Situationsplan des Unterseeausflusses bei Stein mit hypsometrischen Aufnahmen (vorerst nur in einfacher Ausfertigung),
Situationsplan des Fählnlebaches (in doppelter Ausfertigung),
Situation der Ausmündung des Stiegener Baches (doppelt ausgefertigt).

Op. 3. Nivellements und Querprofile.
Nivellement des Rheins und Untersee's (in einfacher Ausfertigung),
Querprofile der Constanzer und Steiner Brücken bei Stiegen und Eschenz (in einfacher Ausfertigung),
Nivellement der Ausmündung des Rheins und Untersee's von Constanz bis Biberner Mühle (einfach),
Probelöcher bei der Ausmündung des Fählnlebaches (doppelt),
vergleichende Darstellung der Pegelstände (einfach).

Op. 4. Photographische Karte des Untersee's (in zwei Exemplaren).

Der Vorsitzende weist darauf hin, dass die Aufgabe der Commission lediglich eine technisch begutachtende sei und ersucht sämmtliche Mitglieder der Commission, bei den bevorstehenden Berathungen am rein objectiven Standpuncte festzuhalten und von jeder Verfechtung und Vertretung einseitiger Interessen bei der technischen Vorberathung a priori abzustehen. Sämmtliche Mitglieder der Commission erklären sich mit dieser Auffassung des Conferenzgegenstandes einverstanden.

Der Vorsitzende macht die Mittheilung, dass von den badischen Mitgliedern der Commission zur Erleichterung der Berathungen ein Programm über die einzeln zur Erörterung vorliegenden Fragen entworfen worden ist.

Herr Inspector Beger verliest und erläutert den Entwurf des Programmes, mit dessen Annahme nach kurzer Discussion sammtliche Mitglieder der Commission einverstanden sind.

Programm.

I. Hydrographische und hydrometrische Frage.
II. Bautechnische Frage.
III. Wirthschaftliche Frage.

ad I.

a. Ist überhaupt eine Tieferlegung vom hydrographischen Standpuncte aus möglich, und innerhalb welcher Grenzen?
b. Welchen Einfluss übt dieselbe aus auf den Obersee, den Untersee und den Rhein bis Schaffhausen?
c. Auf welchem Wege soll der Zweck erreicht werden:
   1) durch Profilerweiterung,
   2) „ Gefallvermehrung,
   3) „ Combination beider?
d. Sind weitere hydrographische Vorarbeiten nöthig, und welche?

ad. II.

a. Darstellung des vorhandenen Zustandes, Bezeichnung der ortlichen Ursachen der Missstände (Delta's der Bache, Steiner Brücke).

b. Welche dieser Ursachen können und sollen entfernt werden, und welches sind die Massregeln dazu? (Bausystem).
c. Wie hoch belaufen sich die Kosten?
d. Welche weiteren Vorarbeiten sind zur Aufstellung eines Projectes nöthig?

ad III.

a. Welche Wirkung hat die Tieferlegung des Unterseespiegels:
   1) in Bezug auf das Ufergelände überhaupt (Abbrüche, Erleichterung der Bewirthschaftung, der Obstbaumzucht u. s. w.)?
   2) auf die Verbesserung der Ried- und der Sumpfflächen?
   3) auf Entwässerung und Sanitätsverhaltnisse der Ortschaften?
b. Einfluss auf das Regime des Obersee's einschliesslich seiner Zuflüsse.
c. Desgleichen auf die Ufer des Rheins bis Schaffhausen.
d. Desgleichen in Bezug auf die Schifffahrt.
e. Schlussfolgerungen über den Nutzen.
f. Sind noch weitere Vorarbeiten in dieser Hinsicht nothig?

Reg.-R. Br. erklärt, dass die thurgauische Regierung lediglich nur eine Regulirung, beziehungsweise Tieferlegung der Hochwasser-, nicht aber der Niederwasserstände im Auge habe. Die Commission erklärt sich einstimmig mit dem Standpuncte der thurgauischen Regierung einverstanden.

Der Vorsitzende schlägt vor, zunächst eine Besichtigung der Oertlichkeiten von Constanz bis Stein und Radolfzell vorzunehmen. Nach kurzer Discussion wird die Nothwendigkeit dieser Localbesichtigungen von der Commission anerkannt.

Die Commission beschliesst auf Antrag des Vorsitzenden, dass nach Beendigung der Berathung das Ergebniss in ein berichtliches Gutachten zusammengefasst werden soll, welches sämmtliche Mitglieder der Commission mit ihrer Unterschrift versehen.

Die Commission einigt sich dahin, für die hydrometrischen Berechnungen den Decimalfuss als Masseinheit zu adoptiren, weil die hier zu benützenden Pegel überall nach diesem Masse eingetheilt sind, alle endgiltigen Resultate aber sollen in Fuss und Meter ausgedrückt werden.

Damit wird die erste Sitzung Vormittags $11\frac{1}{2}$ Uhr geschlossen.

Folgen die Unterschriften.

Zweite Sitzung.

Constanz, den 26. März 1873, $\frac{1}{2}$10 Uhr Vormittags.

Der Vorsitzende recapitulirt das Protocoll der ersten Sitzung und constatirt das Ergebniss der am 24. März Nachmittags vorgenommenen Besichtigung der Localitat bei Gottlieben und des Wollmatinger Riedes, sowie der am 25. vorgenommenen Bereisung der schweizerischen Ortschaften am Untersee und der Besichtigung des Unterseeausflusses oberhalb und bei Stein.

In Gottlieben wird von den Ortseinwohnern die Ansicht ausgesprochen, dass seit Entfernung der Stauhindernisse bei Constanz der Verlauf des Hochwassers ein regelmässigerer sei, dass das Hochwasser wahrscheinlich nicht mehr die frühere Höhe erreiche, jedenfalls rascher ansteige, dagegen langsamer verlaufe. In Gottlieben selbst wird die Ortsstrasse längs des Rheines bei hohen Sommerwasserständen überfluthet und dringt das Wasser in die Keller, Fundamente und Hausgänge der

anliegenden Gebäude ein. Oberhalb, insbesondere aber unterhalb Gottlieben tritt das Sommerwasser mehr oder weniger weit auf die Niederungen. In der Nähe des Ortes ist ein Grundstück in dieser Lage künstlich aufgefüllt und cultivirt worden. Die Ortseinwohner sind der Ansicht, dass durch eine Senkung des Hochwasserspiegels von 1 bis 1,5 Fuss ein bedeutender Vortheil für ihre Gemeinde erreicht würde, indem dadurch weitere Culturen ermöglicht und die bei Hochwasser eintretenden Benachtheiligungen des tiefer gelegenen Geländes auf ein wesentlich geringeres Mass zurückgeführt würden.

Die Besichtigung des Wollmatinger Riedes ergab, dass der Einfluss einer etwaigen Tieferlegung des Hochwasserspiegels auf eine sehr ausgedehnte Fläche wirken müsste, und insbesondere wurde beobachtet, dass an vielen gerade nur über das gewöhnliche Sommerhochwasser hervorragenden Stellen das Feld mit Erfolg in Cultur genommen ist.

Die Besichtigung der schweizerischen Ortschaften und Besprechung mit den Gemeinde- und Ortsvorstehern ergab überall ein so übereinstimmendes Resultat, dass sich dasselbe in Folgendem zusammenfassen lässt:

Die Einwohner glauben überzeugt zu sein, dass die Entfernung der Stauhindernisse bei Constanz für sie nur von Vortheil gewesen sei; der Verlauf des Hochwassers sei regelmässiger, das Wasser steige und falle fast gleichzeitig mit dem Obersee, die Anschwellungen seien von kürzerer Dauer und bleiben eher unter der früheren Maximalhöhe. In sämmtlichen Ortschaften wird über die empfindlichen Nachtheile geklagt, die sie durch die hohen Seestande erleiden, und zwar in Bezug auf die Communication in den Ortschaften, auf die Benützung der Keller und tiefern Wohnungen, auf die Fundamente der Häuser, sowie auch auf einen Theil der am See liegenden Grundstücke. Riedflächen sind aber von nennenswerther Ausdehnung nur oberhalb und unterhalb Ermatingen vorhanden. Die unmittelbar am See liegenden Ortschaften versprechen sich einstimmig von einer Tieferlegung der Hochwasserstände des Untersee's, selbst wenn eine solche nicht mehr als 1 Fuss betragen würde, einen bedeutenden wirthschaftlichen Vortheil, wünschen aber überall unveränderte Belassung der niedern (Beharrungs-) Wasserstände.

Gegen diese Darstellung wird von keiner Seite eine Einwendung erhoben.

Auf Antrag von Ob.-Insp. v. S. wird beschlossen, den Stadtrathspräsidenten von Stein zu ersuchen, der Commission zur näheren Informirung über das Flussregime und die Uferanlagen bei Stein eine mit den betreffenden Verhältnissen vertraute Persönlichkeit auf morgen Vormittag zur Vernehmung hierher zu senden, ebenso etwa vorhandene neuere Pläne der Commission zur Einsichtnahme zu übermitteln.

Professor Amsler übernimmt es, ein Schreiben in diesem Sinne an den Stadtrathspräsidenten zu richten.

Hierauf setzt der Vorsitzende Frage Ia des Programmes zur Berathung aus.

Inspector Beger theilt der Commission in eingehendem Vortrage die Ergebnisse seiner Studien über diesen Gegenstand, insbesondere über den Einfluss der Entfernung der Stauhindernisse bei Constanz auf den Ober- und Untersee, mit Bezugnahme auf die vorliegenden graphischen Darstellungen der Pegelstände mit.

Nach längerer Discussion wird auf Vorschlag des Vorsitzenden ausgesprochen:

„Nach den der Commission vorliegenden Vergleichungen der Pegelstände des Ober- und Untersee's kann als Folge der Entfernung der Stauhindernisse bei Constanz eine Senkung des Hochwasserspiegels des Obersee's von circa 1 Fuss (30 cm) constatirt werden. Zwischen dem Constanzer Hafenpegel und dem Untersee hat eine Ausgleichung des Gefälles stattgefunden, indem sich der Wasserspiegel beim Constanzer Pulverthurm gehoben hat. Somit ist allerdings, wie in früheren Erörterungen behauptet worden, eine Vermehrung des Gefälles unterhalb Constanz eingetreten.

In Folge des relativ kleineren Abflussprofils oberhalb Stein ist die Senkung des Hochwasserspiegels des Obersee's nicht in ihrem vollen Masse auf den Untersee übertragen worden; es hätte vielmehr nach den Pegelbeobachtungen, die aber leider be-

züglich des Kattenhorner und Steiner Pegels nur von einigen Jahren vor dem Brückenbrande vorhanden sind, eine relative Hebung des Hochwasserspiegels des Untersee's um circa 3 Zoll (9 Centimeter) stattgefunden. Demgemass wäre der Hochwasserspiegel des Untersee's in mittelbarer Folge der Entfernung der Stauhindernisse bei Constanz um circa 7" = 21 cm tiefer gelegt worden."

Professor Amsler bemerkt, dass nach seiner Ansicht die Ursache dieser Erscheinung hauptsachlich darin zu suchen sei, dass während des Bestehens des Constanzer Mühlwerkes beim Eintritt eines gewissen Maximalwasserstandes die sogenannten Grundfallen wahrscheinlich plötzlich gezogen worden seien und dadurch eine Hochwasserwelle sich in den Untersee gewälzt habe, deren Höhe allerdings grosser sein musste, als die jetzt bei continuirlichem Abflusse des Obersee's eintretende Maximalhöhe des Untersee's. Man könnte daher aus der beobachteten Thatsache einer schon stattgehabten Tieferlegung des Unterseewasserspiegels keineswegs den Schluss ziehen, dass sie lediglich Folge des vergrösserten Abflussprofiles bei Constanz sei.

Es entspinnt sich über diese Frage eine längere Discussion, in deren Verlauf von Professor Amsler noch darauf hingewiesen wird, dass wegen der früher bei Constanz vorhandenen eigenthümlichen Verhältnisse aus dem jetzigen Verhalten des Hochwasserspiegels des Untersee's gegen jenen des Obersee's sich jedenfalls keine Consequenzen ergeben könnten, welche Wirkung eine Erweiterung des Abflussprofils bei Stiegen und Stein auf den Rhein bei Schaffhausen aussern würde, er glaube, dass die Wirkung eine für Schaffhausen nachtheilige sein müsste.

Diese Anschauung findet bei den übrigen Mitgliedern der Commission keine Unterstützung, wohl aber wird zugegeben, dass die vorhandenen Vorarbeiten noch nicht ausreichend sind, in dieser Frage ein bestimmtes Urtheil abzugeben, und wird beschlossen, der obigen Aeusserung über die Wirkung der Entfernung der Stauhindernisse bei Constanz auf den Untersee Folgendes beizufügen:

„Die günstige Wirkung der Entfernung der Stauhindernisse bei Constanz auf den Untersee kann ohne Weiteres keine Analogie abgeben auf die Wirkung, welche von einer Erweiterung des Abflussprofils bei Stiegen für den Rhein bei Schaffhausen zu erwarten ist; es sollen über diese Frage gegenüber den Bedenken der Schaffhauser Mitglieder weitere Studien gemacht werden, bevor die Commission in der Lage ist, sich des Naheren darüber auszusprechen."

Inspector Beger fährt in seinem Vortrage fort und behandelt die Wirkung einer etwaigen Profilerweiterung bei Stiegen, zunächst in Bezug auf den Niederwasserspiegel.

Insp. Z. spricht die Ansicht aus, dass eine Erweiterung des Niederwasserprofils bei Stiegen unter allen Umstanden ebenso unzulässig sei, als eine Veranderung des Ausflussgefälles, es könne sich nur um eine Erweiterung des Profils über der Mittelwasserhöhe handeln. Die Frage der Profilerweiterung scheine ihm dadurch auch wesentlich vereinfacht.

Der Vorsitzende glaubt, dass dies nicht a priori aufgenommen werden dürfe, da es ja wohl möglich sei, dass die beabsichtigte Wirkung auf den Seeabfluss bei Hochwasser, nur durch eine totale Veranderung des Abflussprofiles und des Gefalles erzielt werden könne, und dass man es immer in der Hand habe, durch entsprechende Gestaltung des Profils oder andere Vorrichtungen die jetzige Niederwasserhohe intakt zu erhalten. Wie in der Sache zu verfahren sein wird, hange von der Beantwortung der bautechnischen und wirthschaftlichen Fragen ab, jedenfalls aber dürfe eine Veränderung des Gefälles im Princip nicht verworfen werden.

Es wird beschlossen, die Tabellen über Pegelstande, durch deren Vorlage Inspector Beger seinen Vortrag begründet hat, dem Protocolle der heutigen Sitzung anzuschliessen. Da die Commission beabsichtigt, sich heute Mittag 12 Uhr 40 Min. auf der Eisenbahn nach Radolfzell zur Besichtigung der dortigen Riedfläche zu begeben, so wird die Sitzung um 1/21 Uhr geschlossen.

Folgen die Unterschriften.

Dritte Sitzung.

Constanz, den 27. März 1873, Vormittags 8 Uhr.

Der Vorsitzende constatirt den Erfund der gestern Nachmittag im Beisein des Culturingenieurs Fecht von hier, des Bürgermeisters Vogt und Gemeinderaths Müller von Radolfzell und Bürgermeister Sauter von Reichenau vorgenommenen Besichtigung der Riedfläche zwischen Radolfzell, Ueberlingen a. R. und Moos.

Diese Riedfläche umfasst ein sehr ausgedehntes Areal, dessen Werth in den verschiedenen Parthien je nach deren Höhenlage in Bezug auf den See verschieden ist. Als am werthvollsten (1000—1200 fl. per Morgen badisch), werden die eigentlichen Streuwiesen bezeichnet, welche alljährlich längere Zeit durch den austretenden See oder durch das vom See zurückgehaltene Aachwasser überstaut werden. Sie sind begrenzt unten vom See, beziehungsweise der sogenannten Weisse, oben von der Grenze des gewöhnlichen mittleren Sommerhochwasserstandes. Beide Grenzen unterliegen je nach dem Verlauf der Hochwasserwelle gewissen Schwankungen, insbesondere wird bemerkt, dass ein frühzeitiges und rasches Ansteigen des See's ein zeitweiliges Zurückdrängen der unteren Vegetationsgrenze, zwischen Ried und See, jedesmal zur Folge hat. Cultur-Ingenieur Fecht erklärt diese Erscheinung dahin, dass die jungen Pflanzen, die sich im Frühjahre auf den tiefgelegensten Stellen, beziehungsweise auf der sogenannten Weisse entwickeln, zu ihrem Gedeihen Luft und Sonnenwärme wenigstens noch bis Monat Mai nothwendig haben, aber unfehlbar zu Grunde gehen, wenn sie schon vorher durch den ansteigenden See unter Wasser gesetzt werden. Dasselbe gilt auch von dem Wachsthum der im Winter abgeschnittenen Schilf- und Rohrfelder. Demnach wäre es möglich, dass selbst bei Belassung der niedern Beharrungsstände des Untersee's, d. i. der Wasserstände von etwa dem 10. Fuss Pegel abwärts allerdings eine allmählige Ausdehnung der Streuländereien gegen den See hin erzielt werden könnte, wenn mit der Tieferlegung der Hochwasserstande zugleich ein späteres und langsameres Anschwellen des See's bewirkt werden kann.

Die Richtigkeit dieser Anschauung wird von den oben genannten Vertretern der Gemeinden Radolfzell und Reichenau vollständig und unbedingt bestätigt und betont, dass auch die jetzigen Streuflächen durch langsameres Ansteigen des See's keine Nachtheile erleiden werden.

Die weniger tief gelegenen Stellen des Riedes, die sogenannten Borstenwiesen, die nur bei ausserordentlichen Hochwassern oder bei gewöhnlichem Sommerwasser nur während kurzer Dauer überstaut werden, liefern zur Zeit ein so geringes Erträgniss, dass dasselbe pro Jahr auf nicht mehr als 45 Kreuzer pro Morgen angeschlagen wird. Auch die am Rande der jetzigen Hochwassergrenze gelegenen Futterwiesen stehen in sehr geringem Preise (200—300 fl. pro Morgen). Als Grund wird angegeben, dass wegen der Gefahr des Verschlammens der Gräser bei Hochwasser und sturmbewegtem See sowohl, als wegen der Auflösung des aufgebrachten Düngers durch das in den Rasenfilz von unten eindringende Wasser sich eine kostspielige Cultivirung nicht lohne. Eine solche Cultivirung werde aber sehr dankbar und den Preis des Geländes bedeutend erhöhen, sobald eine Senkung des Hochwasserspiegels bewirkt worden sein wird. Auch ein grosser Theil der sogenannten Borstenwiesen wird in den Mitgenuss dieses Vortheils kommen; jedoch in erheblichem Masse voraussichtlich nur dann, wenn die erzielte Senkung des Hochwasserspiegels mindestens 12 bis 15 Zoll beträgt. Selbst dann wird aber noch ein beträchtlicher Theil dieser Borstenwiesen im dermaligen schlecht ertragsfähigen Zustande verbleiben, beziehungsweise ein Theil der Riedfläche, die jetzt Streu liefert, in Folge des Zurücktretens der gewöhnlichen Sommerwasserhöhe nur noch das sogenannte Borstengras hervorbringen. Cultur-Ingenieur Fecht sowohl, als die genannten Gemeindevertreter sind der übereinstimmenden Ansicht, dass dieser Nachtheil durch die Meliorationen der

weniger tiefen Riedwiesen und die Ausdehnung des Streulandes gegen den See hin nicht nur compensirt, sondern der Vortheil in letzterer Beziehung immer sehr bedeutend sein werde, selbst wenn eine Senkung der Maximalwasserhöhe von nur 1 Fuss, jedoch mit langsamerem Ansteigen der Hochwasserwelle bewirkt werden kann. Mit jeder Zunahme der Senkung bis etwa 2,5 Fuss nehme die Präponderanz dieser Vortheile progressiv zu.

Von Seiten der Commission wird gegen diese Darlegung des Ergebnisses der gestrigen Localbesichtigung kein Einwand erhoben.

Hierauf wird die am Schluss der gestrigen Sitzung unterbrochene Discussion wieder aufgenommen.

Der Vorsitzende bemerkt, dass es sich noch um Beantwortung der Frage handle, ob eine Tieferlegung der Hochwasserstände des Untersee's vom hydrographischen Standpuncte aus überhaupt möglich sei und innerhalb welcher Grenzen.

Er ist auf Grund der vorliegenden Operate der Ansicht, dass die vorhandenen nivellitischen Verhältnisse jedenfalls eine grössere Senkung des Hochwasserspiegels, als gewünscht sei, möglich machen; das Querprofil Stiegen-Eschenz sei zur Zeit augenscheinlich als der eigentliche Seeausfluss zu betrachten. Die Stauwirkung der Verengung bei Stiegen-Eschenz nehme aber ab mit wechselndem Wasserstande, so dass also bei höherem Seestande ein geringeres Gefälle zwischen Stiegen und Stein vorhanden sein müsse, als bei den niedern Wasserständen.

Da aber nur eine Senkung der höheren Wasserstände beabsichtigt ist, so werde zunächst auch nur der Gewinn des Gefälles zwischen Stiegen und Stein, wie es sich bei Hochwasser darstellt, in Rechnung zu bringen sein.

Das vorhandene Nivellement enthalte nur das Längenprofil eines niedern Wasserstandes, und zwar nur der Wasserhöhen längs des Ufers. Es sei durchaus nothwendig, ein genaues Längenprofil des Stromstriches bei hohem Wasserstande aufzunehmen, so schwierig auch diese Operation sein möge. Eine Schlussfolgerung aus dem Längenprofil des Niederwassers zu ziehen, sei durchaus unzulässig.

Ober-Inspector von Salis ist damit einverstanden und schlägt vor, zur Ermittlung der Gefällsverhältnisse bei Hochwasser eine gewisse Anzahl Nothpegel zwischen Oberstaad und Stein in thunlichster Nähe des Stromstriches aufzustellen und die Wasserstände an denselben beim nächsten Sommerhochwasser sorgfältig aufzuzeichnen. Hieraus werde sich das gewünschte Längenprofil des Wasserspiegels im Thalweg bei Hochwasser mit hinreichender Genauigkeit ergeben.

Inspector Beger: Eine Senkung des Hochwassers sei jedenfalls durch entsprechende Veränderungen des Seeausflusses zu erreichen; durch Herstellung eines verglichenen Gefälles bei und zunächst unterhalb Stein werde sich etwa 1 Fuss Senkung des Wasserspiegels und der Flusssohle bei der Steiner Brücke ergeben.

Regierungsrath Braun glaubt, dass eine solche Gefällsveränderung nachtheilig auf die Erhaltung der Niederwasserhöhe wirken müsse, man solle zunächst nur auf Erweiterung des Abflussprofiles abheben.

Der Vorsitzende bemerkt hingegen, dass durch Profilerweiterung bei Stiegen allein nur das bei Hochwasser wahrscheinlich sehr geringe Gefälle zwischen Stiegen und Stein als Senkung des Untersee's gewonnen werden könne, und glaubt, dass eine Gefallsvermehrung auf den Niederwasserspiegel nur geringe Wirkung äussern werde, einer etwaigen Senkung aber durch die Form des Profiles schlimmstenfalls durch Stauvorrichtungen an der Steiner Brücke begegnet werden könnte.

Ober-Inspector von Salis glaubt jedenfalls, dass eine Gefällsvermehrung nicht nothwendig eine Senkung des Niederwasserspiegels zur Folge haben müsse.

Inspector Züblin stimmt bei, dass bei Gefällsvermehrung einer etwaigen Senkung des Niederwasserspiegels durch die Anordnung der Bauanlage werde vorgebeugt werden können.

Regierungsrath Braun wünscht, dass beim weiteren Verfolg der Sache jedenfalls auf die Erhaltung der niedern Wasserstände in ihrer jetzigen Höhe Bedacht genommen werde, in der Weise, dass, wenn eine Senkung derselben in Folge der ausgeführten

Massregeln eintreffen sollte, man die Anwendung von Mitteln in Aussicht nehme, um die frühere Wasserhöhe wiederherzustellen.

Ober-Inspector von Salis bemerkt: Man könne ja bei der Ausführung successive verfahren und habe es immer in der Hand, den von Regierungsrath Braun befürchteten Nachtheilen durch entsprechende Massregeln vorzubeugen.

Der Vorsitzende schliesst hierauf die Discussion und formulirt die Beschlüsse der Commission wie folgt:

1) „Es ist nach dem vorliegenden Material mit Sicherheit anzunehmen, dass durch eine Regulirung des jetzigen Seeausflusses bei Stiegen-Stein eine Tieferlegung des Hochwasserspiegels des Untersee's mindestens soweit zu ermöglichen ist, dass dadurch der von den Interessenten in minimo gewünschte Vortheil erreicht wird.

Dieses Minimum der Senkung soll 1 Fuss = 30 Centimeter betragen. Da aber ein genaues Längenprofil des Hochwasserspiegels im Stromstriche bei Stiegen und Stein nicht vorliegt, so ist die Commission nicht in der Lage, die Grenzen, innerhalb welcher eine Senkung möglich und zulässig ist, mit Bestimmtheit anzugeben.

Ebenso ist es nach dem dermaligen Stande der Vorarbeiten noch nicht möglich, sich mit Bestimmtheit darüber auszusprechen, ob der verlangte Effect durch Profilerweiterung, durch Gefallvermehrung oder durch Combination beider erreicht werden kann; als wahrscheinlich darf jedoch angenommen werden, dass sowohl eine Veränderung der Querprofile als des Längenprofils von Stiegen bis unterhalb Stein nothwendig sein wird."

Professor Amsler glaubt an der Ansicht festhalten zu müssen, dass durch eine Erweiterung des Unterseeausflusses bei Schaffhausen eine Erhöhung der Hochwasserwelle immer zu erwarten sei. Es werde angegeben, dass der Untersee zur Zeit der höchsten Anschwellungen bisher in maximo 5 Zoll pro 24 Stunden ansteige. Soll die Ansteigung künftighin vermindert werden, so werde dem Rhein bei Schaffhausen auch zur Zeit der höchsten Anschwellungen ein Plus an Wassermenge zugeführt werden, dessen Quantität sich pro Tag aus der fünfzolligen Erhebung und der Gesammtwasserfläche des Untersee's berechnet.

Dieses Mehrquantum betrage circa 6000 Cubikfuss pro Secunde und es sei evident, dass die Stadt Schaffhausen sowohl, als die Wasserwerke dadurch ganz erheblich benachtheiligt würden.

Der Vorsitzende bemerkt hiergegen, dass, wenn die Maximalsteigung in 24 Stunden bisher 5 Zoll betragen habe, dieses Mass eben durch die Regulirung des Seeabflusses entsprechend reducirt werde, dass also immer nur die Differenz zwischen der frühern und künftigen Maximalsteigung für Schaffhausen bei der Beurtheilung des Einflusses der beabsichtigten Senkung des Untersee's in Rechnung kommen dürfte. Das Mehrquantum, das dadurch dem Rheine bei Schaffhausen zugeführt werde, sei dann nicht erheblich und werde bei der bedeutenden Stromgeschwindigkeit des Rheins bei Schaffhausen einen nur sehr geringen Einfluss auf den Hochwasserspiegel daselbst äussern. Ueberdies werde der Vortheil der Abflachung der ganzen Hochwassercurve auf den Rhein bei Schaffhausen an und für sich vortheilhaft wirken, so dass eine absolute Erhöhung des Hochwasserspiegels des Rheins bei Schaffhausen selbst von dem von Professor Amsler vertretenen Gesichtspuncte aus nicht angenommen werden könne.

Ober-Inspector von Salis bestätigt diese Ansicht des Vorsitzenden. Vom Beginn des Hochwassers trete nach Erweiterung des Abflussprofils ein Mehrabfluss aus dem Untersee ein, da die Totalhochwassermenge unverändert bleibe, so könne auch die Maximalhochwasserhöhe bei Schaffhausen nicht zunehmen, sie werde sich eher vermindern. Die Retentionswirkung des Untersee's werde durch die in Aussicht genommene Erleichterung des Abflusses nicht aufgehoben, es trete nur eine Regulirung ein, die auch auf den Rhein bei Schaffhausen günstig, jedenfalls nicht nachtheilig, wirken könne.

Professor Amsler kann dieser Anschauung nicht beitreten und glaubt, dass

die regulirende Wirkung des Untersee's durch den erleichterten Abfluss desselben nothleiden werde.

Inspector Beger bemerkt: Nach vollzogener Erleichterung des Unterseeabflusses werde höchstens eine etwas längere Dauer der mittleren Sommerwasserhöhen bei Schaffhausen eintreten, das Hochwasser selbst werde aber nicht die jetzige Höhe erreichen.

Inspector Bringolf bemerkt, dass Schaffhausen schon jetzt von den hohen Wasserständen viel zu leiden habe, dass eine längere Dauer derselben von Nachtheil sei, er glaube übrigens auch, dass die Erleichterung des Unterseeabflusses eine Erhöhung des Wasserspiegels bei Schaffhausen zur Folge haben müsse.

In der nun folgenden Discussion, bei welcher sich sammtliche Mitglieder der Commission betheiligen, ergibt sich, dass die Bedenken der Schaffhauser Vertreter von den übrigen Mitgliedern nicht getheilt werden.

Auf Antrag des Vorsitzenden beschliesst die Commission:

„Es ist anzunehmen, dass die Regulirung des Unterseeabflusses, bestehend in der Tieferlegung des Hochwasserspiegels und Verflachung der Sommerhochwassercurve ohne Nachtheile für Schaffhausen und die dortigen Wasserwerke sowohl, als für die Rheinufer von Stein bis Schaffhausen ausgeführt werden kann."

Die Commission, mit Ausnahme der Schaffhauser Mitglieder, glaubt sogar, dass die Tieferlegung der Hochwasserstände des Untersee's auch auf den Rhein bei Schaffhausen eine vortheilhafte Wirkung äussern werde.

Damit wird dieser Gegenstand verlassen.

Der Vorsitzende setzt die Frage zur Berathung aus: welchen Einfluss eine Tieferlegung des Untersee's auf jene des Obersee's äussern würde; er ist der Ansicht, dass die Tieferlegung des Unterseewasserspiegels auch eine Senkung des Wasserspiegels des Obersee's nothwendigerweise zur Folge haben müsse; es werde zwar eine kleine Vermehrung des Gefälles zwischen Obersee und Untersee eintreten, die Senkung des Wasserspiegels des Obersee's also entsprechend weniger betragen als jene des Untersee's. Die Relation zwischen der Senkung der beiden Wasserspiegel näher zu bestimmen, sei übrigens ohne die Vornahme zuverlässiger Wassermessungen in den Ausflussprofilen beider See'n nicht möglich.

Die Commission erklärt sich damit einstimmig einverstanden.

Hierauf wird die Frage erörtert, welche weiteren Vorarbeiten zur Beurtheilung des vorliegenden Fragegegenstandes in hydrographischer Beziehung erforderlich sind.

Nach kurzer Discussion werden als solche Vorarbeiten die folgenden bezeichnet:

1) Längenprofil des Rheins und Untersee's von Constanz bis Schaffhausen.

Es wird angenommen, dass die Aufnahme eines vollständigen Nivellements auf die ganze Strecke wohl nicht erforderlich sein wird, indem nach Aeusserung des Ober-Inspectors von Salis die Resultate des schweizerischen Präcisionsnivellements noch im Laufe dieses Jahres zu erwarten seien, wodurch sich dann einige absolut sichere Höhenpuncte ergeben, mit deren Hilfe eine sichere Verification des vorliegenden Stephan'schen Nivellements möglich sei.

Der Vorsitzende bemerkt, dass es jedenfalls genügen werde, die Strecken Constanz-Ermatingen und Kattenhorn-Gaishütte zu nivelliren, den Unterseewasserspiegel von Ermatingen bis Kattenhorn als horizontal anzunehmen und die Höhenlage des Schaffhauser Pegels etwa nach dem vorhandenen Eisenbahnnivellement zu bestimmen. Der Kostenaufwand der Operation werde dadurch nicht sehr bedeutend.

Es wird beschlossen, vorerst nähere Erkundigungen über den Stand der schweizerischen Präcisionsnivellementsarbeiten einzuziehen.

2) Nähere Erhebungen über Abflussprofil, Stromgeschwindigkeit und Abflussmengen bei verschiedenen Wasserhöhen bei Constanz, dem Unterseeausfluss und bei Schaffhausen.

Die Schaffhauser Mitglieder erbieten sich, das über das Schaffhauser Fluss-

…ne ihnen zu Gebote stehende Material der Commission zur Benützung zu übermitteln.

3) Ein Specialnivellement des Hochwasserstromstriches von Oberstaad bis zur Gaishütte.

Die Commission wünscht, dass die Vorarbeiten wie bisher durch den Vorstand der Grossh. Wasser- und Strassenbau-Inspection Constanz, Inspector Beger, besorgt werden.

Der Vorsitzende stellt den soeben von Stein eingetroffenen Dampfschiffscapitän Spengler vor.

Herr Spengler äussert auf Befragen:

Die Anlandestelle bei Stein sei 1857 errichtet worden, er könne aber durchaus nicht zugeben, dass dieselbe auf den Rheinabfluss bei Stein irgend welchen Einfluss ausübe, da gerade an jener Stelle eine Rückströmung vorhanden sei.

Er stimme der allgemeinen Ansicht der Schiffer und der Anwohner des Untersee's bei, dass die Entfernung der Stauhindernisse bei Constanz auf den Untersee und den Rhein bei Stein eine günstige Wirkung geäussert habe, indem die Hochwasserwelle nicht mehr die frühere Höhe erreiche und der Verlauf des Hochwassers ein regelmässigerer und rascherer sei; er sei überzeugt, dass dieser Vortheil sich auch auf den Rhein von Stein bis unterhalb Schaffhausen mitgetheilt habe, da die Schwankungen des Untersee- und Rheinwasserspiegels immer unverkennbar mit einander gehen. Die Hemmung des Unterseeabflusses sei seiner Ansicht nach nicht bei der Steiner Brücke, sondern bei Stiegen-Eschenz zu suchen, er habe auch nie bemerkt, dass bei höheren Wasserständen ein Rückstau bei der Steiner Brücke eintrete, die Stromgeschwindigkeit zwischen Stiegen und Stein nehme bei höherem Wasser zu; er glaube desshalb, dass eine Verbesserung des Abflussprofiles oberhalb Stein die gewünschte Senkung des Hochwasserspiegels des Untersee's hervorbringe und ist überzeugt, dass eine solche Senkung sich dem Rheine bei Schaffhausen mittheilen werde. —

Die Strömung zwischen Ober- und Untersee erstrecke sich selbst bei den höchsten Wasserständen bis in die Bucht oberhalb Ermatingen, bei niedern Wasserständen sei sie noch im See auf der Höhe des Ermatinger Dammes bemerkbar.

Der Vorsitzende spricht Capitän Spengler für die gemachten Mittheilungen den Dank der Commission aus, worauf derselbe das Sitzungslokal verlässt.

Der Vorsitzende eröffnet die Discussion über die bautechnische Frage (II. des Programmes).

Es gebe zwei Wege, den Seeabfluss zu erleichtern:

1) Entfernung der Profilverengung bei Stiegen-Eschenz, d. i. die Verlängerung des Seebeckens bis zur Steiner Brücke.

2) Correction des Rheinlaufes von Stiegen abwärts behufs Erzielung einer Sohlenvertiefung des Rheines zwischen Stiegen und Stein, beziehungsweise der Bibermühle.

In der nun folgenden Discussion, an welcher sich insbesondere Ober-Inspector von Salis, die thurgauischen und badischen Mitglieder betheiligen, gibt sich die Anschauung der Commission dahin zu erkennen, dass nach dem dermaligen Stande der Vorarbeiten eine Entscheidung über die bautechnische Frage nicht gefallt werden könne. Jedenfalls müssten aber die Bachausmündungen bei Eschenz und Stiegen verändert werden. Ob die Ausmündung des Fahnlebaches in den See oberhalb Eschenz oder in die Verbreiterung des Rheins unterhalb Eschenz zu leiten sei, hänge davon ab, welches Bausystem für die Verbesserung des Seeausflusses adoptirt werde.

Ober-Inspector von Salis will auch eine Verhinderung der Geschiebszufuhr des Fähnlebaches durch Verbauung in den betreffenden Schluchten (Tobel) ins Auge gefasst haben.

Inspector Züblin hält die Herstellung eines Stromschlauches von Stiegen ab-

wärts für das richtige Mittel und empfiehlt es insbesondere desshalb, weil dadurch mit Hilfe geeigneter Ausleitung der Bäche gleichzeitig Land gewonnen werde.

Regierungsrath Braun schliesst sich dieser Ansicht an.

Ober-Inspector von Salis möchte die Correction durch Herstellung eines Stromschlauches nicht a priori empfehlen, weil daraus leicht das Gegentheil des beabsichtigten Zweckes resultiren könne. Bei Aufstellung und Prüfung eines solchen Projectes sei die grösste Sorgfalt angezeigt. Nach dem dermaligen Stande der Vorarbeiten könne man sich darüber noch nicht aussprechen.

Der Vorsitzende macht noch darauf aufmerksam, dass eine etwaige Verlegung der Mündung des Fähnlebaches nach abwärts behufs Verlandung für die Folge die Gefällsverhältnisse des Baches verschlimmere, je weiter die Verlandung vorwärts rücke, es möchte daher jedenfalls in zweiter Reihe die Verhinderung der Geschiebszufuhr oder unschädliche Ablagerung der Bachgeschiebe im tiefen See oberhalb Eschenz in Aussicht genommen werden.

Ober-Inspector von Salis spricht sich in gleichem Sinne aus und ist geneigt, eine Verbauung der Schluchten oberhalb Eschenz für zweckmässig zu halten, wenn sie auch von vorneherein nicht sehr dringend sein möge, da immerhin für die erste Zeit nach etwaiger ausgeführter Correction die Geschiebe zur Verlandung der ausgeschiedenen Theile des Flussbettes verwendet werden könnten.

Die Commission beschliesst:

„Auf Grund der in hydrographischer Beziehung vorliegenden und noch zu machenden Erhebungen sollen im Sinne der bei der Discussion zur Geltung gekommenen Gesichtspunete nunmehr vergleichende Projecte aufgestellt werden. Zunächst wären Untersuchungen der Beschaffenheit der Flusssohle bei und unterhalb Stein vorzunehmen und zu ermitteln, ob und in wie weit eine Vertiefung der Sohle bei Stein zulässig ist. Je nach dem Ergebnisse dieser Untersuchungen und der jetzt noch fehlenden hydrographischen Erhebungen soll das eine oder das andere Project im Detail ausgearbeitet werden; jedoch nur soweit, als zu einigermassen zuverlässiger Ermittlung des Baukostenaufwandes nöthig ist.“

Der Vorsitzende eröffnet die Berathung über die wirthschaftliche Frage (III. des Programmes).

Er hebt hervor, dass die Mitglieder der Commission bei der gemeinschaftlichen Bereisung der Localitäten und der Einvernahme einer grossen Anzahl von Interessenten schon Gelegenheit gehabt haben, sich über den Nutzen einer Tieferlegung der Hochwasserstände des Untersee's wechselseitig auszusprechen.

Es scheine ihm auch schon eine Uebereinstimmung der Ansichten vorhanden zu sein und dürfte daher eine eingehende Discussion über diese Frage nicht mehr nothwendig sein. Unter Hinweisung auf die in den zwei ersten Sitzungen constatirten Ergebnisse der Bereisungen der Ufer formulirt er mit Zustimmung sämmtlicher Mitglieder der Commission deren Ansicht über die Frage III.a des Programmes wie folgt:

1) „Am ganzen Untersee und Rhein von Constanz bis Stein wird von den Anwohnern eine Tieferlegung des Hochwasserspiegels gewünscht und betont, dass eine solche von Nutzen wäre, selbst wenn das Mass der möglichen Senkung nicht mehr als ein Fuss betragen würde. Mehr als 2 bis 3 Fuss Senkung wäre im Interesse der Erhaltung der Streuländereien nicht zu wünschen.

Die Vortheile, welche durch die Senkung des Hochwasserspiegels erreicht würden, bestehen am schweizerischen Ufer von Constanz bis Stein in Verhütung von Ueberschwemmungen der tiefer gelegenen Theile der Ortschaften und der erleichterten Entwässerung derselben, insbesondere wird auch der für den Verkehr sehr empfindlichen, an einigen Stellen wie z. B. in Berlingen vorkommenden Ueberfluthung der Landstrasse vorgebeugt. Ried- und Sumpfflächen, welche durch die Tieferlegung des See's ameliorirt würden, sind am schweizerischen Ufer nur bei Gottlieben und Ermatingen und nur in geringerer Ausdehnung vorhanden.

Am badischen Ufer kommen bei Bemessung der Vortheile der Tieferlegung See's die meist höher gelegenen Ortschaften weniger in Betracht. Dagegen sind es die ausgedehnten Riedflächen bei Wollmatingen und Radolfzell, auf welche die Tieferlegung eine erhebliche Wirkung äussern müsste. Worin die vortheilhafte Wirkung im Einzelnen bestünde, ergibt sich aus den beim Beginn der heutigen Sitzung constatirten Erläuterungen, welche Culturingenieur Fecht bei der gestrigen Localbesichtigung der Commission gegeben hat. Die Commission erklart sich mit den Anschauungen des Herrn Fecht einverstanden, wornach also die Senkung des Hochwasserspiegels des Untersee's von erheblichem Nutzen für diese Riedflächen sein müsste. Genauere Angaben über die Bemessung der Werthserhöhung lassen sich zur Zeit ohne nähere Ermittelung der Flächengehalte und Erhebungen über die landwirthschaftlichen Verhältnisse der Gegend noch nicht feststellen."

Nach kurzer Discussion wird ferner ausgesprochen:

„Die Tieferlegung der Hochwasserstände wird an den Ufern und auf die Zuflüsse des Obersee's ähnliche vortheilhafte Wirkungen äussern, wie auf die des Untersee's.

Bei Schaffhausen würde eine etwaige Erhebung des Hochwasserspiegels sehr empfindliche Nachtheile für die tiefern Strassen und Gebäude der Stadt und für die dortigen Wasserwerke zur Folge haben. Eine Tieferlegung des Hochwasserspiegels bei Schaffhausen, die als Folge der Tieferlegung des Untersee's von der Commission mit Ausnahme der Schaffhauser Mitglieder für nicht unwahrscheinlich gehalten wird, müsste in gleichem Masse vortheilhaft wirken. Auf die Rheinstrecke von Stein bis Schaffhausen scheint, soweit der Commission die Verhältnisse zur Zeit bekannt sind, eine Tieferlegung des Hochwasserspiegels von untergeordneter Bedeutung zu sein."

Auf Antrag des Inspectors Züblin, unterstützt durch Regierungsrath Braun, nimmt die Commission an, dass im Interesse der Schifffahrt die Senkung der Wasserstandscurve jedenfalls nicht unter den 9. Fuss Pegel ausgedehnt werden sollte.

Nach kurzer Erörterung beschliesst die Commission, dass insbesondere beim nächsten Sommerhochwasser noch nähere Erhebungen in Bezug auf den durch die Senkung des Hochwasserspiegels zu erwartenden wirthschaftlichen Nutzen gemacht werden sollen, doch mit Vermeidung jeder kostspieligen Aufnahmen.

Der Vorsitzende macht sodann die Mittheilung, dass sich der bisher von Baden vorschüsslich bestrittene Kostenaufwand für die Vorarbeiten auf circa 1200 fl. belaufe; er sei beauftragt, eine Vertheilung dieses Aufwandes zwischen den beiderseitigen Regierungen in Anregung zu bringen und schlägt vor, dass die Kosten der Vorarbeiten zur Hälfte von Baden, zur andern Hälfte von der Schweiz getragen werden sollen.

Regierungsrath Braun erklärt in der Sache ohne Instruction zu sein, da es der Regierung des Cantons Thurgau nicht bekannt gewesen sei, ob und in welchem ungefähren Betrage für Vorarbeiten Kosten entstanden sind und noch entstehen werden; er schlägt übrigens vor, die Kosten der Vorarbeiten seiner Zeit den Kosten der Ausführung des Unternehmens zuzuschlagen; wie letztere zu vertheilen seien, werde in späterer Verhandlung nach genauer Erwägung der verschiedenen Interessen bestimmt werden müssen.

Die Schaffhauser Mitglieder sind ebenfalls ohne Instruction bezüglich der Kostenfrage für Vorarbeiten.

Ober-Inspector von Salis bemerkt, dass auch ihm eine Instruction in dieser Beziehung durch den Bundesrath nicht geworden sei, er glaube übrigens, dass die Kosten für Vorarbeiten vorschüsslich zur Hälfte von der eidgenössischen Bundesregierung, zur andern Hälfte von der Grossh. badischen Regierung bestritten werden dürften, vorbehaltlich späterer Auseinandersetzung bezüglich der Vertheilung nach Massgabe der Interessen der verschiedenen Regierungen. Er werde den Gegenstand nach seiner Rückkehr nach Bern beim eidgenössischen Bundesrath ad referendum bringen.

Der Vorsitzende macht dabei noch darauf aufmerksam, dass die beiderseitigen Staatsregierungen noch darüber entscheiden dürften, ob nach dem Ergebniss der technischen Vorberathung auch eine Betheiligung der Uferstaaten des Obersee's gerechtfertigt wäre. —

Die Commission beschliesst, folgende Operate dem Abgeordneten des schweizerischen Bundesrathes, Ober-Inspector von Salis, zuzustellen:

1) Graphische Darstellung der Pegelstände, 11 Blätter.
2) Situationspläne des Unterseeausflusses.
3) Querprofile des Rheines bei Constanz, Eschenz und Stein.
4) Photographische Karte des Untersee's.

Sobald das Längenprofil von Constanz bis Stein verificirt sein wird, soll den schweizerischen Abgeordneten ebenfalls ein Exemplar desselben zu Handen gegeben werden.

Der Vorsitzende übernimmt die Besorgung dieser Mittheilungen.

Auf Antrag des Ober-Inspectors von Salis wird beschlossen, dass die Protocolle der gegenwärtigen Conferenz den betreffenden Regierungen durch die Abgeordneten derselben vorgelegt und vor der Ausführung weiterer Vorarbeiten die Entschliessungen der Regierungen abgewartet werden sollen.

Der Vorsitzende erinnert daran, dass nach dem in der ersten Berathung gefassten Beschlusse die Ergebnisse der Conferenzberathungen übersichtlich in einen Vorlagebericht zusammengefasst und von sämmtlichen Mitgliedern der Commission unterzeichnet werden sollen. Die Sitzungsprotocolle sollen diesem Bericht als Beilage angeschlossen werden.

Ober-Inspector von Salis hält diesen Bericht gerade nicht für nothwendig und wünscht, den Schluss der Conferenzverhandlungen noch heute durch Unterzeichnen der Sitzungsprotocolle herbeigeführt zu sehen.

Nach kurzer Discussion einigt man sich dahin, dass der Vorsitzende die Abfassung des Berichtes der Verhandlung übernehme und dessen Unterzeichnung durch die einzelnen Mitglieder der Commission auf dem Correspondenzwege bewirkt werden soll.

Die Commission beschliesst ferner, dass dieser Bericht sowohl, als die Sitzungsprotocolle doppelt ausgefertigt und dem Abgeordneten des eidgenössischen Bundesrathes, sowie jenem der Grossh. badischen Regierung je ein Exemplar eingehändigt werde.

Sodann sollen diese Schriftstücke in circa 50 Exemplaren vervielfältigt und unter die Mitglieder der Commission vertheilt werden.

Hiermit wird die Sitzung Nachmittags 1 Uhr geschlossen.

Folgen die Unterschriften.

Anlage III.

Conferenzprotocoll.

Schaffhausen, den 9. April 1874.

Auf Einladung des Vertreters der badischen Regierung, Assessors Honsell, hat sich ein Theil der Mitglieder der Commission, nämlich Ober-Inspector von Salis, Professor Amsler, Ingenieur Legler, Assessor Honsell, Bezirks-Ingenieur Beger, am Gestrigen in Constanz eingefunden und von hier aus die Reise nach Schaffhausen mit dem Dampfschiff ausgeführt, wobei die ganze, bei vorliegender Verhandlung in Betracht kommende See- und Rheinstrecke befahren wurde.

Bei dieser Gelegenheit wurde bemerkt, dass die Brücke über den Rhein für die Eisenbahn von Etzwylen nach Singen bereits abgesteckt sei, was zu Erörterungen über den Einfluss der Lichtweite auf das Project einer Regulirung des Seeabflusses, beziehungsweise des Rheines, Veranlassung gab.

In Schaffhausen angelangt, traf man die übrigen Mitglieder der Commission und schritt sodann am heutigen Tag, Morgens 9 Uhr, zur Verhandlung.

Als Mitglieder der Commission sind anwesend:

Im Auftrag

des schweizerischen Bundesraths:
Ober-Inspector von Salis,

der Regierung des Cantons Thurgau:
Regierungsrath Braun und
Ingenieur Legler,

des Cantons Schaffhausen:
Professor Amsler und
Cantons-Ingenieur Bringolf,

der Grossh. badischen Regierung:
Assessor Honsell,
Bezirks-Ingenieur Beger und
Bezirks-Ingenieur Schmitt.

Auf Antrag des Ober-Inspector von Salis übernimmt Assessor Honsell die Leitung der Verhandlung.

Dieselbe beginnt mit einer Recapitulation der Constanzer Beschlüsse vom 24. bis 27. März v. J. und mit Darstellung der gegenwärtigen Sachlage.

Es handle sich zunächst um die, von den Vertretern der Schaffhauser Regierung erhobenen Bedenken über die Wirkung der Regulirung des Seeabflusses auf die Wasserstände bei Schaffhausen, welche Bedenken die hohen Regierungen veranlasst hätten,

vor Eintreten in weitere Behandlung des fraglichen Gegenstandes erst die obige Frage durch die Commission in Austrag bringen zu lassen.

Zum Studium dieser Specialfrage ist badischerseits ein Exposé bearbeitet worden, welches an die Mitglieder der Commission vertheilt wird.

Durch dasselbe wird theoretisch nachzuweisen versucht, dass die beabsichtigte Senkung der Hochwasserstände des Bodensee's — abgesehen von den Schwierigkeiten der practischen Ausführung — ohne Nachtheil für Schaffhausen bewirkt werden könne.

Hierüber entsteht nun eine ins Detail eingehende Discussion über die Richtigkeit der vorliegenden theoretischen Abhandlung, in deren Folge

Professor Amsler sein Einverständniss mit den Resultaten dieser Arbeit ausspricht, dabei übrigens betont, dass eine endgiltige und bindende Erklärung hinsichtlich der möglichen Nachtheile für Schaffhausen erst an der Hand eines ausgearbeiteten Projects gegeben werden könne, dessen Einsichtsnahme und Prüfung seine Regierung vorbehalten müsse.

Der Vorsitzende theilt diese Ansicht, hebt jedoch hervor, dass zur Bearbeitung eines solchen Projectes noch eine Reihe von Vorarbeiten nöthig sei, wesshalb sich die Commission zur Zeit hierüber noch nicht aussprechen könne.

Regierungsrath Braun erwähnt, dass bei Regulirung des Seeabflusses bei Constanz sich ähnliche Bedenken geltend gemacht hätten, wie gegenwärtig von Schaffhauser Seite, die befürchteten Folgen jedoch nicht eingetreten seien.

Professor Amsler macht die Mittheilung, dass ihm soeben durch den Baureferenten Notizen zugekommen seien, wornach die Mehrzahl von am Rhein wohnenden befragten Hausbesitzern sich dahin geäussert haben, dass ein länger andauerndes, wo möglich etwas gesenktes Hochwasser mit weniger Nachtheilen für ihre Gebäulichkeiten verbunden sei, als kürzer dauernde, aber höhere Wasserstände.

Als weitere Hauptinteressenten seien jedoch, ausser den Uferanwohnern, noch die Besitzer von Wasserwerken am Rheine zu nennen, für welche eine mögliche Aenderung der Höhenunterschiede des Stroms von grösster Wichtigkeit sei.

Die Commission anerkennt dies und glaubt, dass das Studium dieser Frage mit in den Bereich der Erwägungen für Aufstellung eines richtigen Projectes gezogen werden müsse.

Es werden hierwegen noch weitere Erhebungen in Aussicht genommen.

Hierauf einigt sich die Commission nach Besprechung einiger formalen Zwischenfragen zu folgenden Beschlüssen:

I.

Es sei durchaus nicht von vornherein als ausgemacht anzunehmen, dass eine Regulirung des Seeausflusses, welche eine Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's zur Folge hätte, für Schaffhausen unbedingt nachtheilig sei, vielmehr gehe aus der theoretischen Berechnung und Betrachtung hervor, dass ein solches Project als möglich erscheine, welches den von Schaffhausen gehegten Bedenken Rechnung trage.

II.

Die Vornahme von weiteren Vorarbeiten speciell zum Zwecke der Beurtheilung der von Schaffhausen erhobenen Beanstandung erscheine nicht angezeigt, indem die bestimmte Beantwortung der hierauf bezüglichen Fragen eine erschöpfende Behandlung des gesammten Regulirungsprojectes als unerlässlich voraussetze. Die Commission ist desshalb der Ansicht, dass zunächst in diese Projectirungsarbeiten eingetreten werden solle.

Der erforderliche Kostenaufwand für die nöthigen vorbereitenden Arbeiten wird annähernd auf 5 bis 6000 Frcs. berechnet.

Nachträglich wird noch bezüglich der gestern gemachten Beobachtung über die Absteckung der Eisenbahnbrücke bei Stein bemerkt, dass es zweckmässig erscheine, wenn die betheiligten hohen Regierungen bei Genehmigung des Detailprojectes der Brücke auf die Frage der Regulirung des Seeabflusses Rücksicht nehmen würden.

Regierungsrath Braun macht darauf aufmerksam, dass nach den Beschlüssen der Conferenz d. d. Constanz, vom 24. bis 27. März v. J. das dort aufgestellte Gutachten weder den hohen Regierungen noch den Commissionsmitgliedern bis jetzt zugestellt worden sei und verknüpft damit den Antrag, dass dies sowohl bezüglich des genannten Gutachtens als auch des Protocolls der heutigen Sitzung noch geschehen solle.

Letzterem Protocoll wurde beschlossen das oben erwähnte Exposé als Beilage anzuschliessen.

Folgen die Unterschriften.

Beilage zum Protocoll d. d. Schaffhausen,
9. April 1874.

Zur technischen Vorberathung über die Regulirung der Hochwasserstände des Untersee's.

In der Conferenzverhandlung vom 24. bis 27. März 1873 kam die technische Commission zu dem Ergebniss, dass eine Senkung der Hochwasserstände des Bodensee's wenigstens nach Lage der hydrographischen Verhältnisse — möglich erscheine und für die Seeanwohner von erheblichem Nutzen sei. Hiergegen hat die Regierung des Cantons Schaffhausen die Befürchtung ausgesprochen, dass eine Senkung des Untersee's, die eben nur durch Vermehrung des Abflusses zu erzielen sein wird, für Schaffhausen insofern nachtheilige Folgen haben könnte, als dadurch die Wasserstände des Rheins bei Schaffhausen höher ansteigen müssten, als es bei dem jetzigen Zustande des Seeausflusses der Fall ist.

Die technische Commission hat diese von den Abgeordneten des Cantons Schaffhausen in der Sitzung vom 27. März 1873 zur Sprache gebrachte Besorgniss nicht getheilt, sich vielmehr der Ansicht angeschlossen, dass die Senkung des höchsten Seestandes durch eine Vermehrung des Ausflusses während des Ansteigens des See's bewirkt werden müsse und keineswegs nothwendig voraussetze, dass auch die Ausflussmenge zur Zeit des höchsten Seestandes eine grössere werde oder das Hochwasser länger andauere als bisher, in welchen Fällen allein der von der Cantonsregierung Schaffhausen besorgte Nachtheil eintreten könnte.

Die Beweisführung dieser Ansicht soll in Nachstehendem auf analytischem Wege versucht werden.

Eine Bedingung, die bei der beabsichtigten Regulirung des Seeausflusses jedenfalls erfüllt werden muss, besteht darin, dass die niederen Wasserstände des Bodensee's nicht alterirt werden dürfen. Wir haben uns daher ausschliesslich mit dem Hochwasser des Bodensee's zu beschäftigen. Darunter verstehen wir die alljährlich wiederkehrende Erhebung des Seespiegels als Folge des Schneeabganges und des vermehrten Gletscherabflusses in den Hochgebirgen des Flussgebietes des Oberrheins. Die Schwankungen des Seespiegels während der niederen Wasserstände bleiben hier vollständig ausser Betracht.

Die Hochwasser des Bodensee's zeigen nun im Allgemeinen einen sehr regel-

mässigen Verlauf. Die höchste Erhebung entsteht jeweils aus der Summe der Differenzen der täglichen Zu- und Abflussmengen, so dass das mittlere (normale) Hochwasser sich als das durchschnittliche Maximum der im Verlaufe je einer Hochwasserperiode im See zurückgehaltenen Wassermenge darstellt.

Tragen wir die Zeit während einer Hochwasserperiode als Abscissen, die correspondirenden Seehöhen als Ordinaten auf, so erhalten wir die Curven der Wasserstände (Pegelcurven), die gerade für die Zeit der relativ höchsten Wasserstände durchaus stetig verlaufen.

Aus der hiernach zu construirenden mittleren Pegelcurve ergibt sich das Gesetz des Steigens und Fallens des See's, so dass die Wasserhöhen (Pegelstände) als Function der Zeit bekannt vorausgesetzt werden können.

Aus den messbaren Durchflussprofilen und Stromgeschwindigkeiten ergeben sich dann auch die zu jedem Zeitpunkte in den See ein- und aus dem See ausfliessenden Wassermengen als Function der Zeit.

Die Differenz dieser beiden Wassermengen ist das Wasserquantum, welches bei steigendem See mehr zu- als abfliesst, beziehungsweise bei fallendem See mehr ab- als zufliesst. Aus der Summe dieser Differenzen für eine gewisse Zeitperiode während des Steigens, beziehungsweise Fallens des See's und der Oberfläche desselben erhalten wir wieder das Mass der Erhebung des Seespiegels über den Stand, bei welchem die Anschwellung ihren Anfang, resp. ihr Ende hat.

Wir wählen nun folgende Bezeichnungen:

t = Zeit als unabhängig veränderliche Grösse;
q = Wassermenge, welche in der Zeiteinheit aus dem See ausfliesst, als abhängig veränderliche;
p = Wassermenge, welche in der Zeiteinheit in den See einfliesst;
r = Differenz der ein- und ausfliessenden Wassermenge während des Steigens des See's in der Zeiteinheit (Rückstand);
h = veränderliche Höhe des Seespiegels über dem Wasserstande, bei welchem der See zu steigen beginnt;
T = Zeitdauer } einer Hochwasserperiode;
M = Gesammtwassermenge } einer Hochwasserperiode;
F = Fläche des Seespiegels.

Der Buchstaben f ( ) und φ ( ) bedienen wir uns zur Bezeichnung von „Function“.

Bei der erwähnten als bekannt anzunehmenden Relation zwischen Zeit, Seehöhe und Wassermenge des Ausflusses ist

$$q = f(t) \qquad (1)$$

ebenso

$$h = \varphi(t) \qquad (2)$$

Die in den See einfliessende Wassermenge setzt sich, wenn wir — was für die vorliegende Betrachtung wohl gestattet ist — von der Wirkung der Verdunstung absehen, zusammen aus der ausfliessenden Wassermenge und dem Quantum, welches nöthig ist, die Seefläche zu heben oder zu senken. Im ersten Falle — bei steigendem See — wird dieses Wasserquantum addirt, im letzteren — bei fallendem See — subtrahirt.

Wir haben also für die Periode der Ansteigung des See's

$$p = q + r \qquad (3)$$

Es ist aber

$$r\,dt = F\,dh$$

$$r = F\,\frac{dh}{dt}$$

oder nach Gleichung (2)

$$r = F\,\varphi'(t) \qquad (4)$$

somit für die einfliessende Wassermenge der Ausdruck

$$p = f(t) + F\,\varphi'(t) \qquad (5)$$

Zur Bestimmung der während einer gewissen Zeitdauer des Wachsens des See's (t_1 bis t_2) in demselben zurückbleibenden Wassermenge ist der Ausdruck für r in Gleichung (4) zu integriren:

$$\Sigma_{t_1}^{t_2} r = \int_{t_1}^{t_2} F \varphi' (t) \, d \, t \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad (6)$$

$$\Sigma_{t_1}^{t_2} r = F \left[\varphi (t_2) - \varphi (t_1) \right]$$

oder nach Gleichung (2)

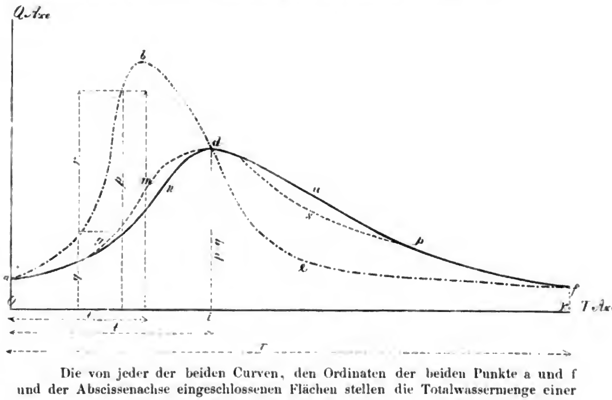
$$\Sigma_{t_1}^{t_2} r = F (h_2 - h_1) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad (6a),$$

d. h. die Summe der Rückstände während einer Zeitdauer t_1 bis t_2 wird dargestellt durch ein Prisma, dessen Grundfläche die Seefläche und dessen Höhe gleich der Differenz der Wasserstände zu den beiden Zeitpunkten t_1 und t_2.*

Die Totalwassermenge einer Hochwasserperiode ist gleich der Summe der in dieser Zeit ausfliessenden Wassermengen

$$M = \int_{t = o}^{t = T} q \, d \, t = \int_{t = o}^{t = T} f(t) \, d \, t \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad (7)$$

Denken wir uns nun die als bekannt vorauszusetzenden Ein- und Ausflussmengen — die Werthe von p und q während einer Hochwasserperiode — als Ordinaten auf dieselbe Abscissenachse und von demselben Coordinatenanfange aus aufgetragen, so erhalten wir etwa nachstehende Figur, in welcher a b d e f die Curve der Einflussmengen, a n d u f die Curve der Ausflussmengen darstellen soll.



Die von jeder der beiden Curven, den Ordinaten der beiden Punkte a und f und der Abscissenachse eingeschlossenen Flächen stellen die Totalwassermenge einer

* Aus Gleichung (4) folgt:

$$\frac{d r}{d t} = F \varphi'' (t)$$

und hieraus, dass r ein Maximum, wenn $\varphi'' (t) = o$, d. i. im Inflexionspunkte der ansteigenden Pegelcurve, woselbst der Krümmungsmittelpunkt von der oberen auf die untere Seite der Curve rückt. Dieses Resultat ist für das neue Ausflussgesetz von Wichtigkeit; es ist damit gesagt, dass für jenen Wasserstand, bei welchem die täglichen Rückstände ein Maximum erreichen, die Veränderung der Abflussverhältnisse schon in Wirksamkeit getreten sein muss.

Hochwasserperiode dar und sind demgemäss dem Inhalte nach einander gleich. Nach Gleichung (7) ist also:

$$O\,a\,b\,d\,e\,f\,k = \int_{t=o}^{t=T} f(t)\,d\,t = O\,a\,d\,u\,f\,k.$$

Hieraus folgt, dass auch die durch die Durchschneidung der beiden Curven entstehenden Flächenstücke einander gleich sein müssen.

Dieselben entstehen aus dem Unterschiede der Abscissen p und q und stellen, da nach Gleichung (3) $p - q = r$, den Totalrückstand dar.

Wir haben also, wenn wir die Abscisse des Punktes a — des Beginnes des Ansteigens der Curven — mit t_o, diejenige des Punktes d — des Schnittpunktes beider Curven — mit t_1 bezeichnen, im Sinne der Gleichung (6):

$$a\,b\,d\,n = d\,u\,f\,e = \int_{t_o}^{t_1} r\,d\,t = F \int_{t_o}^{t_1} \varphi'(t)\,d\,t$$

Schon hieraus können wir schliessen, dass der Schnittpunkt d im Scheitel der Ausflusscurve liegt und also, da das Maximum des Ausflusses mit dem höchsten Seestande zusammentreffen muss, die Fläche a b d n die während des Ansteigens des See's in demselben zurückgehaltene Wassermenge, den Totalrückstand, die Fläche d u f e aber den Mehrabfluss während des Fallens des See's darstellt.

Es ergibt sich dies aber noch aus Folgendem:

Für den Zeitpunkt des höchsten Seestandes, d. i. auch des Maximums der Abflussmenge müssen, wenn wir die Wirkung der Verdunstung vernachlässigen, Ein- und Ausflussmenge einander gleich sein, also

$$p = q$$

d. i. nach den Gleichungen (5) und (1)

$$f(t) + F\,\varphi'(t) = f(t),$$

woraus folgt

$$\varphi'(t) = o$$

$$\text{oder } \frac{d\,h}{d\,t} = o$$

d. h. im Schnittpunkt der beiden Curven ist immer die Tangente an die Ausflusscurve parallel mit der Abscissenachse, oder die Ausflussmenge und damit die Seehohe hat ihr Maximum erreicht. —

Stellen wir nun die Frage:

Ist es möglich, durch eine Regulirung des Seeausflusses eine Senkung des höchsten Seestandes um die Grösse s zu bewirken, der Art, dass zur Zeit dieses Wasserstandes aus dem See nicht mehr Wasser ausfliesse als bisher?

Zunächst erkennen wir, dass der Zeitpunkt, in welchem das Maximum des Seestandes eintritt, durch eine solche Regulirung des Seeausflusses nicht verändert wird, weil eben die Ordinate der Ausflussmenge im Maximum dieselbe bleiben und das Maximum der Ausflussmengen, beziehungsweise des Seestandes nothwendig mit dem Schnittpunkte der Ein- und Ausflusscurve zusammenfallen muss. Der Punkt d bleibt sohin unverändert. *

Die erlangte Senkung des Hochwasserstandes kann nur durch eine Verminderung der bei wachsendem See in demselben zurückgehaltenen Wassermenge erreicht werden

* Wird der Werth von q im Maximum vergrössert, so rückt der Scheitel der Ausflusscurve gegen den Coordinatenanfang vor, im umgekehrten Falle wird die Abscisse des Scheitels der Ausflusscurve grösser; mit anderen Worten: bei Vermehrung der Maximalausflussmenge tritt der höchste Seestand früher, bei Verminderung derselben später ein, als jetzt.

oder im Sinne der obigen Figur gesprochen: die Fläche a b d n, welche die Summe der Rückstände darstellt, muss kleiner werden und zwar, da die Curve a b d unveränderlich, durch Erhebung der Curve a n d, d. i. durch Vergrösserung des Abflusses während des Steigens des See's.

Nach Analogie der Gleichung (6 a) ist die Grösse, um welche die Fläche a b d n abnehmen muss, gleich F s. Dieselbe werde durch die Fläche g m d n graphisch dargestellt.

Da die Totalhochwassermenge constant, so muss auch die Fläche d e f u um dieselbe Grösse F s vermindert werden; in der Figur durch die Fläche d u p s. Es ist sodann wieder die durch die Fläche a b d m dargestellte Summe der Rückstände gleich der Summe der Mehrabflüsse: der Fläche d s f e; d. h. bei fallendem See wird nach erfolgter Regulirung des Seeausflusses um so viel weniger Wasser abfliessen, als bei steigendem See weniger in demselben zurückgehalten wird.

Bezeichnen wir nun die veränderte Ausflussmenge mit q_1, deren den gestellten Bedingungen entsprechende Function mit $f_1(t)$, ferner die Maximalerhebung des Seestandes mit h_{max} und, wie oben, den Zeitpunkt des beginnenden Steigens mit t_0, des höchsten Standes mit t_1, so haben wir:

$$F(h_{max} - s) = \int_{t_0}^{t_1} (p - q_1)\, dt$$

$$F(h_{max} - s) = \int_{t_0}^{t_1} (q + r - q_1)\, dt$$

Substituiren wir die Werthe q und r aus den Gleichungen (1) und (4),

$$F(h_{max} - s) = \int_{t_0}^{t_1} [f(t) + F\varphi'(t) - f_1(t)]\, dt$$

$$= \int_{t_0}^{t_1} [f(t) - f_1(t)]\, dt + F[\varphi(t_1) - \varphi(t_0)]$$

oder da nach Gleichung (2) $h = \varphi(t)$

$$F(h_{max} - s) = \int_{t_0}^{t_1} [f(t) - f_1(t)]\, dt + F h_{max}$$

hieraus

$$F s = \int_{t_0}^{t_1} [f_1(t) - f(t)]\, dt$$

$$\text{und } s = \frac{\int_{t_0}^{t_1} [f_1(t) - f(t)]\, dt}{F}$$

Ist dieser Gleichung genügt, so ist die Regulirung des Seeausflusses in richtiger Weise vollzogen.

Der Ausdruck $\int_{t_0}^{t_1} [f_1(t) - f(t)]\, dt$ ist nichts Anderes als die in der graphischen Darstellung durch die Fläche g m d n repräsentirte Verminderung der beim Steigen des See's in demselben zurückgehaltenen Wassermenge als Folge des vermehrten Abflusses. Wie aber f (t) als bekannt angenommen werden darf, so kann $f_1(t)$ durch entsprechende Regulirung der Factoren des Seeausflusses, Durchflussprofil und Gefälle bestimmt werden. Erfolgt der Ausfluss nach der Function $f_1(t)$, so ist auch der Bedingung entsprochen, dass im Zeitpunkte des höchsten Seestandes

nach der Regulirung der Abflussverhältnisse nicht mehr Wasser in der Zeiteinheit abfliesst, als bei dem jetzigen Zustande der Ausmündung des Untersee's.

Die obengestellte Frage ist sonach unbedingt zu bejahen.

Wird aber die Abflussmenge zur Zeit der Maximalhöhe des See's nicht vergrössert, so kann auch in der Rheinstrecke unterhalb des Seeausflusses zur Zeit des höchsten Seestandes ein höherer Wasserstand, als er bisher statthatte, nicht eintreten.

Die Wirkung einer solchen Regulirung des Seeausflusses auf den Rhein zunächst unterhalb des Bodensee's wird nur darin bestehen, dass der Zufluss aus dem See während des Steigens desselben vermehrt, während des Fallens aber in gleichem Masse vermindert wird.

Der Rhein bei Schaffhausen wird also rascher ansteigen als bisher, dagegen annähernd ebensoviel früher wieder zurücktreten; der höchste Rheinstand selbst bleibt unverändert.

Eine genaue Ermittelung der Dauer der verschiedenen Rheinhöhen nach erfolgter Regulirung des Seeausflusses setzt die Kenntniss des jetzigen und des neuen Ausflussgesetzes voraus; hiezu müssten in die oben erhaltenen Gleichungen nunmehr die wirklichen Werthe von p, q und q_1 eingeführt, d. h. die jetzigen Ein- und Ausflussmengen gemessen und zur Bestimmung der neuen Ausflussmengen das Project der Regulirung des Seeausflusses bearbeitet werden.

Jedenfalls ist mit Obigem aber nachgewiesen, dass die beabsichtigte Senkung der Hochwasserstände des Bodensee's — abgesehen von den Schwierigkeiten der practischen Ausführung — ohne Nachtheil für Schaffhausen bewirkt werden könnte.

Nach den hier erhaltenen Resultaten ist es dann auch wohl denkbar, dass die Regulirung der Abflussverhältnisse des Bodensee's in einer Weise vorzunehmen wäre, wodurch die Maximalausflussmenge und damit auch die Maximalrheinhöhe zunächst unterhalb des Seeausflusses sich verminderte, in welchem Falle Schaffhausen sogar an den Vortheilen der Regulirung Theil nehmen würde. —

Anlage IV.

Technische Vorberathung über die Regulirung der Hochwasserstände des Bodensee's.

Protocoll.

Constanz, den 3. Februar 1877.

Zur Einsichtnahme und Prüfung der in Gemässheit der Conferenzbeschlüsse d. d. Constanz, den 24. bis 27. März 1873 und Schaffhausen, 29. April 1874, beziehungsweise der hierauf ergangenen Entschliessung der betheiligten hohen Regierungen — des Grossh. Ministeriums des Grossh. Hauses, der Justiz und des Auswärtigen mit Note vom 14. Mai 1874 und des schweizerischen Bundesraths mit Note vom 14. August 1874 — badischerseits gefertigten Vorarbeiten und Projecte sind am 31. Januar d. J. dahier zusammengetreten von Seiten:

der Grossh. badischen Regierung:
der Grossh. Baurath, Herr Honsell von Carlsruhe,
der Grossh. Bezirks-Ingenieur, Herr J. Schmitt von hier;

des schweizerischen Bundesraths:
der eidgenössische Oberbau-Inspector, Herr A. von Salis von Bern;

der Regierung des Cantons Thurgau:
Herr Regierungsrath Braun von Frauenfeld,
Herr Bau-Inspector Schmidt von da;

der Regierung des Cantons Schaffhausen:
Herr Regierungsrath Pletscher von Schaffhausen,
Herr Cantonsforstmeister Vogler von da.

Baurath Honsell begrüsst die schweizerischen Herrn Abgeordneten, übernimmt auf deren Wunsch den Vorsitz und bestellt mit Zustimmung der Commission den Herrn Ingenieur Baum von hier als Protocollführer.

Hierauf referirt derselbe in längerem Vortrage über die 1875—76 im Rhein bei Constanz vorgenommenen Wassermessungen, über die weitern Vorarbeiten für die Aenderung des Unterseeausflusses und deren Wirkungen auf das Regime des See's und des Rheins und begleitet die Vorlage der gefertigten Operate für das Project der Seeregulirung mit eingehenden Erläuterungen.

Diese Operate bestehen aus folgenden Stücken:

1) Situationsplan über den Rheinlauf von Oberstaad bis Schupfen mit hypsometrischen Curven,
Massstab 1 : 1000 (Op. V, Bl. Nr. 1—5).

2) Uebersichtsplan über den Rheinlauf von Stein bis Schupfen mit hypsometrischen Curven,
Massstab 1 : 5000 (Op. II, Bl. Nr. 1 a).

3) Ein Nivellement des Wasserspiegels des Seeausflusses und Rheins von Oberstaad bis Schupfen mit sämmtlichen rechts- und linksrheinischen Pegeln,
   Längenmassstab 1 : 5000,
   Hohenmassstab 1 : 25 (Op. III, Bl. Nr. 6).
4) Ein Heft Querprofile des Rheins und dessen Ufergelände von Eschenz bis Schupfen in unregelmässigen Abständen,
   Massstab 1 : 500 und 1 : 250 (Op. III, Bl. Nr. 7).
5) Ein Nivellement des Rheins von Oberstaad bis Schupfen mit Darstellung der Sohle und des Terrains in der Correctionslinie,
   Längenmassstab 1 : 15,000,
   Höhenmassstab 1 : 250 (Op. III, Bl. Nr. 8).
6) Ein Heft Erläuterungen nebst graphischen und tabellarischen Beilagen (Op. VI).
7) Graphische Darstellungen der Pegelstände bei Constanz, Stein und der Bibermühle nebst deren Veränderung durch die Correction (Op. VII).

Ferner wird das auf alleinige Kosten der badischen Regierung gefertigte Operat über die Strommessungen bei Constanz der Commission zur Benützung vorgelegt.

Der Vortrag des Bauraths Honsell soll seinem wesentlichen Inhalte nach dem gegenwärtigen Protocoll als Beilage angeschlossen werden. —

Die nähern Erhebungen über Abflussprofile, Stromgeschwindigkeit und Abflussmenge des Rheins bei Schaffhausen, zu deren Uebermittelung an die Commission sich die Schaffhauser Mitglieder in der Conferenzverhandlung d. d. Constanz, 27. März 1873 erbeten hatten, sind inzwischen der Commission nicht zugekommen.

Die Abgeordneten des Cantons Schaffhausen, welche der gegenwärtigen Verhandlung an Stelle des auf einer Reise abwesenden Commissionsmitgliedes Herrn Professor Amsler von Schaffhausen und des erkrankten Commissionsmitgliedes Herrn Bau-Inspector Bringolf von da, beiwohnten, bemerken, dass ihnen nicht bekannt sei, ob solche Erhebungen über das Schaffhauser Flussregime seit 1873 stattgefunden haben und ob überhaupt andere Materialien als die Pegelbeobachtungen in diesem Betreff vorhanden seien. Sie selbst seien von ihrer Regierung lediglich beauftragt, von dem der Commission vorgelegten Projecte Kenntniss zu nehmen und hierüber zu referiren.

Nach Einsichtnahme der vorgelegten Elaborate wird zunächst noch eine Besichtigung der Rheinstrecke von Stein bis zur Bibermühle als wünschenswerth erachtet.

Man begab sich desshalb am 1. d. M. nach Stein, von wo aus die gedachte Flussstrecke auf dem rechtsseitigen Ufer begangen wurde.

Die hiebei von der Commission gemachten Wahrnehmungen ergeben, soweit dies von einer Localbesichtigung überhaupt erwartet werden konnte, Uebereinstimmung der örtlichen Verhältnisse mit den desfallsigen Darstellungen und Ausführungen der Projectsvorlage.

Nach beendigtem Localaugenschein verabschiedeten sich die Herrn Abgeordneten von Schaffhausen von der Commission, indem sie sich nunmehr im Stande glaubten, ihrem oben gedachten Auftrage zu genügen, nachdem sie aus dem vorgelegten Projecte ersehen und aus den hiezu gegebenen Erläuterungen entnommen hätten, dass bei der Ausarbeitung des Projectes für die Seeregulirung der Verhütung grosserer Ansteigung der Hochwasserstände des Rheins bei Schaffhausen im Allgemeinen Rechnung getragen sei, dass aber nach den vorgelegten Berechnungen eine vollständige und unbedingte Erfüllung der Bedingung, an welche die Zustimmung ihrer Regierung zu dem Projecte der Seeregulirung geknüpft werden müsse, immerhin nicht erreicht wurde und demgemäss seitens der Regierung des Cantons Schaffhausen zuvörderst zu erwägen bliebe, ob, resp. in wie weit die in Folge der Seeregulirung

nach Schaffhausen gelangenden Mehrabflussmengen für die dortigen Interessen als schadenbringend sich erweisen könnten.

Die übrigen Commissionsmitglieder bedauern, dass die Projectsvorlage in dieser Beziehung wegen des schon gedachten Abmangels der erforderlichen Materialien über das Schaffhauser Flussregime noch eine Lücke aufweise und nehmen das Anerbieten der Herrn Abgeordneten von Schaffhausen, für die nachträgliche Beschaffung dieser Materialien und Uebermittelung derselben an die Commission Sorge tragen zu wollen, dankend entgegen. Dieselben begaben sich hierauf nach Constanz zurück, von wo aus sich die Herrn Abgeordneten des Cantons Thurgau wegen anderweitiger dienstlicher Geschäfte nach Frauenfeld verfügten.

Nachdem der gestrige Tag zur nähern Prüfung der vorgelegten Operate seitens der in Constanz zurückgebliebenen Commissionsmitglieder verwendet worden war, fand heute sich die Commission, mit Ausnahme der Schaffhauser Abgeordneten, dahier zur Schlussberathung wieder zusammen, wobei man zu folgenden Beschlüssen gelangte.

In den badischerseits ausgeführten Vorarbeiten und vorgelegten Operaten ist der Gegenstand in erschöpfender Weise behandelt und dürfen die technischen Untersuchungen und Bearbeitungen damit als abgeschlossen bezeichnet werden.

Soweit dies bei den vorliegenden, ebenso weitläufigen als schwierigen, rechnerischen und graphischen Elaboraten in der Zeit weniger Tage möglich war, hat sich die Commission von der Sorgfalt, mit welcher diese Arbeiten gefertigt worden sind, und von deren Richtigkeit überzeugt. Hauptsächlich aber konnte man den der vorgelegten Arbeit zu Grunde liegenden Gedankengang in allen wesentlichen Punkten als zutreffend anerkennen und nimmt die Commission desshalb keinen Anstand, die Projectsvorlage, die derselben beigegebenen nähern Begründungen und die Ausführungen des in der Beilage angeschlossenen Referats zu den ihrigen zu machen.

Demgemäss würde also auch nach übereinstimmender Ansicht der unterzeichneten technischen Commissäre durch die im Project vorliegende Regulirung des Seeausflusses eine Senkung der Hochwasserstände des See's von 60—70 cm erzielt, ohne irgend erhebliche Aenderung der niedern Beharrungsstände.

Wenn es nicht ganz gelungen ist, das Project so zu gestalten, dass dadurch alle und jede Mehrabflüsse zur Zeit der höchsten Wasserstände nach Schaffhausen verhütet werden konnten, so sind die Quanta dieser Mehrabflüsse doch überhaupt nicht so bedeutend, dass dadurch namhafte oder unabwendbare Beschädigungen entstehen könnten; die durch die Mehrabflüsse zu erwartenden Steigungen des Rheinspiegels sind insbesondere fast verschwindend gering bei wirklich hohen Seeständen und nur von nennenswerthem Belange bei solchen Sommerwasserständen, deren wirkliche Maximalhöhe aber auch unter dem normalen Sommerwasserstande geblieben ist.

Dabei kommt aber ferner noch in Betracht, dass den Berechnungen über die Wirkung der Regulirung auf See- und Rheinstände die Herstellung eines nach gerader Linie verglichenen Gefälles innerhalb der Regulirungsstrecke unterstellt ist und auch wohl zur präcisen und sicheren Durchführung jener Berechnungen nicht anders zu Grunde gelegt werden konnte, dass aber nach Ansicht der Commission der Verlauf in der Wirklichkeit voraussichtlich ein anderer, und zwar günstigerer sein werde, sowohl in Bezug auf den Effect der Regulirung auf die Seehöhen, als in Bezug auf die Abflussmengen bei Hochwasser in der Richtung nach Schaffhausen.

Insbesondere darf hiernach und nach den Ergebnissen der vorgelegten Berechnungen angenommen werden, dass in all' jenen Jahren, in welchen See und Rhein die gewöhnlichen Sommerwasserhöhen überstiegen haben, die in Frage stehende Regulirung des Unterseeausflusses einen Mehrabfluss aus dem See zur Zeit der Maximalwasserstände entweder gar nicht oder doch nur in so geringem Masse bewirkt hätte, dass dadurch sich irgend welche nennenswerthe Nachtheile in Schaffhausen nicht hätten ergeben können.

Endlich glaubt die Commission noch darauf hinweisen zu sollen, dass, so viel ihr bekannt, gegen etwelche höhere Ansteigungen der hohen Rheinstände bei Schaffhausen es an Mitteln dortselbst nicht wohl fehlen könne, indem die Abflussverhältnisse des Rheins bei Schaffhausen nach mehreren Richtungen der Verbesserung fähig erscheinen.

Uebereinstimmend mit den desfallsigen Ausführungen des angeschlossenen Referats hält auch die Commission die Herstellung mechanischer Einrichtungen behufs Regulirung des Seeausflusses gegenüber den hier vorliegenden eigenartigen Verhältnissen nicht für angezeigt.

Das Project selbst anlangend, wurde es anlässlich des Localaugenscheins für zulässig und wünschenswerth erachtet, die zur Herstellung des verglichenen Rheingefälles erforderlichen Ausgrabungen und Austiefungen möglichst innerhalb des bestehenden Flussbettes oder doch als Erweiterung desselben in unmittelbarem Zusammenhang auszuführen, und zwar im Sinne des vorgelegten zweiten Projectes.

Die Kostenberechnung hiefür wurde von der Commission einer Revision unterzogen und auf die Summe von

1 440 000 Francs

gestellt.

Die gemäss Note des schweizerischen Bundesraths vom 14. August 1874 der Commission zur Begutachtung vorgelegte Frage, welche Staaten, beziehungsweise Schweizercantone, an dem Unternehmen interessirt und daher beitragspflichtig erscheinen, kann, die 1873 schon ausgesprochene Ansicht der Commission bestätigend, nach dem Ergebnisse der nunmehr vorliegenden näheren Untersuchungen mit Sicherheit dahin beantwortet werden, dass die Wirkung der Regulirung des Unterseeausflusses sich auf die Gesammtfläche des Bodensee's nothwendig erstrecken müsse und demnach sämmtliche Bodenseeuferstaaten mit der ganzen Ausdehnung der betreffenden Uferstrecken als betheiligt an dem Unternehmen erscheinen.

Ueber das Mass dieser Betheiligung der einzelnen Uferstaaten, beziehungsweise Schweizercantone, ist die Commission dermalen zu urtheilen nicht im Stande, indem Erhebungen in dieser Beziehung nur für die badische Seeuferstrecke und die thurgauischen Unterseegemeinden vorhanden sind.

Wenn auch diese Erhebungen an sich unsicher und zu einer verlässlichen Beantwortung der Frage über den Nutzen der projectirten Unterseeregulirung schon um desswillen nicht geeignet sind, weil eben sehr viele der hiebei in Betracht kommenden Momente, wie die Vortheile in Bezug auf Gewerbebetrieb, Verkehr und Gesundheitsverhältnisse, sich der ziffermässigen Berechnung fast gänzlich entziehen, so glaubt die Commission doch hier schon ihre Ansicht dahin aussprechen zu sollen, dass der Kostenaufwand für die Herstellung der projectirten Unterseeausflussregulirung mit dem in Bezug auf Ufergelände und Uferortschaften des Untersee's allein zu erwartenden Nutzen unzweifelhaft nicht mehr in angemessenem Verhältniss stehe, dass aber dieses Verhältniss bei etwaiger Mitbetheiligung der bei den bisherigen Verhandlungen nicht vertretenen Bodenseeuferstaaten sich wohl zu einem befriedigenden gestalten und sohin das Unternehmen der Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's durch Veränderung der Abflussverhältnisse an der Unterseeausmündung als ein wirthschaftlich gerechtfertigtes darstellen dürfte, wie in dem anliegenden Referate des Näheren nachzuweisen versucht ist. —

Indem die Commission nach Obigem das badischerseits zur Vorlage gebrachte Project für die Regulirung des Unterseeausflusses auf Grund einlässlicher Prüfung in allen wesentlichen Stücken als zweckentsprechend anerkennt, ist sie damit nun auch in der Lage, zu constatiren, dass die in den früheren Conferenzverhandlungen schon nach Lage der hydrographischen Verhältnisse als möglich bezeichnete Tieferlegung der Hochwasserstände des Bodensee's im Sinne des vorliegenden Projects practisch ausführbar ist.

Hinsichtlich der Wirkung dieser Seeregulirung auf die Abflussverhältnisse des Rheins bei Schaffhausen geht die Ansicht der Commission aus den schon angegebenen

Gründen dahin, dass diese Wirkung keine irgendwie erheblichen Nachtheile für Schaffhausen zur Folge hätte oder solche Nachtheile doch durch entsprechende Massnahmen eventuell leicht abzuwenden wären. Gleichwohl möchte es aber bei dem dermaligen Stande der Verhandlungen und mit Rücksicht auf den Umstand, dass bei etwaiger Ausführung der projectirten Seeausflussregulirung die Bauarbeiten theilweise innerhalb des Cantonsgebiets von Schaffhausen auszuführen wären, wünschenswerth erscheinen, eine nähere Prüfung über diese Specialfrage noch zum Gegenstand einer nachträglichen commissarischen Verhandlung unter Mitwirkung der Schaffhauser Abgeordneten zu machen, sobald die von denselben in Aussicht gestellten Materialien zur Verfügung stehen werden.

Inzwischen dürfte es sich aber auch empfehlen, die zur Herbeiführung der Antheilnahme der an den bisherigen Verhandlungen nicht vertretenen Uferstaaten geeigneten Schritte alsbald einzuleiten, indem von dem jetzt überall noch vorhandenen unverwischten Eindruck der Ereignisse und Zustände während der vorjährigen Hochwasserperiode eine lebhafte Interessenahme an der projectirten Tieferlegung der Hochwasserstände seitens der Oberseeuferanwohner allerwärts zu erwarten wäre.

Hiermit wurden die Verhandlungen geschlossen.

Gegenwärtiges Protocoll ist doppelt ausgefertigt, von den anwesenden Commissionsmitgliedern unterzeichnet und das eine Exemplar von dem badischen Commissär, Baurath Honsell, das andere von dem Abgeordneten des schweizerischen Bundesraths zur Hand genommen worden.

Baurath Honsell übernimmt es auch von den sämmtlichen Stücken der Projectsvorlage je eine Copie anfertigen zu lassen und dem eidgenössischen Commissär in thunlichst kurzer Frist zuzustellen.

Folgen die Unterschriften.

Anlage V.

Technische Vorberathung über die Regulirung der Hochwasserstände des Bodensee's.

Verhandelt Constanz, den 12. Januar 1878.

Die auf Veranlassung der Grossh. badischen Regierung und des schweizerischen Bundesraths seit dem Jahre 1872 vorgenommenen Untersuchungen in Betreff der Regulirung der Hochwasserstände des Bodensee's haben im Wesentlichen das Ergebniss geliefert, dass eine Senkung der höchsten Wasserstände um 60—70 cm erreichbar sei, und zwar ohne wesentlichen Einfluss auf die Wasserstandsverhältnisse der untern Rheinufer und ohne Benachtheiligung für den Schifffahrtsbetrieb auf dem Bodensee, dass aber der für die Ausführung der Regulirung des Seeausflusses erforderliche Kostenaufwand nicht mehr in angemessenem Verhältniss stehe zu dem Nutzen, welcher von dem Unternehmen zu gewärtigen sei, wenn dabei lediglich die Interressen der Uferanwohner des Untersee's in Betracht gezogen werden. —

Die Erwägung nun, dass die zu erzielende Senkung der Hochwasserstände sich dem Bodensee in seinem ganzen Umfange mittheilen werde und demgemäss auch die Interessen von sämmtlichen Bodenseeuferstaaten berühre, hat die Grossh. badische Regierung nach stattgehabtem Benehmen mit dem schweizerischen Bundesrathe bestimmt, den Regierungen derjenigen Uferstaaten, welche bei den bisherigen technischen Vorberathungen über die Regulirung der Hochwasserstände des Bodensee's nicht vertreten waren, die Beschickung einer weiteren vorberathenden Conferenz durch technische Abgeordnete in Vorschlag zu bringen.

Entsprechend dem zwischen den betheiligten hohen Regierungen hierüber gepflogenen Notenwechsel sind an dem zum Beginn der Conferenz festgesetzten Tage — dem 10. d. M. — Vormittags 11 Uhr, in dem Stadtkanzleigebäude zu Constanz zusammengetreten:

von Baden:

der Grossh. Baurath Herr Honsell von Carlsruhe;

von Bayern:

der königliche Generaldirectionsrath Herr Kühles von München und

der königliche Regierungs- und Kreisbaurath Herr Morgens von Speyer;

von Oesterreich:

der kaiserlich königliche Oberbaurath Herr Semrad von Innsbruck;

von der Schweiz:
von Seiten des Bundesraths:
der eidgen. Oberbau-Inspector Herr von Salis von Bern;
von Seiten des Cantons Schaffhausen:
Herr Professor Culmann von Zürich;
von Seiten des Cantons St. Gallen:
Herr Rhein-Ingenieur Saylern von Oberried;
von Seiten des Cantons Thurgau:
Herr Regierungsrath Braun von Frauenfeld;
von Württemberg:
der königliche Oberbaurath Herr Dr. von Ehmann von Stuttgart und
der königliche Baurath Herr von Martens von Stuttgart.

Der in der Note des schweizerischen Bundesraths an das Grossh. badische Staatsministerium vom 16. November 1877 als Delegirter für den Canton Schaffhausen bezeichnete Herr Professor Amsler von Schaffhausen ist wegen Abhaltung zur Conferenz nicht erschienen, dagegen hat Herr Regierungsrath Pletscher von Schaffhausen am Vormittag des 10. und am 11. d. M. der Conferenz beigewohnt.

Ferner war der Grossh. badische Bezirks-Ingenieur Herr Schmitt von Constanz bei den Verhandlungen gegenwärtig. —

Nachdem am 10. durch den badischen Commissär das Project für die Regulirung des Unterseeausflusses der Commission vorgelegt und erlautert worden war, nachdem sodann die Commissäre von Bayern, Oesterreich, Schaffhausen, St. Gallen und Württemberg von dem umfangreichen Elaborate nähere Einsicht genommen und die Grundzüge des Projectes in langerer Zeit Besprechung erortert worden waren, begab man sich des folgenden Tages, früh 9 Uhr, nach Schaffhausen, nahm dort die Rheinufer entlang der Stadt in Augenschein und bereiste sodann die Rheinstrecke von Schaffhausen bis zum untern Ende des Untersee's bei Oberstaad mittelst Dampfbootes, wobei der Commission Gelegenheit gegeben war, von der Oertlichkeit, auf welche sich die über die Ausflussverhältnisse des Untersee's vorgenommenen Untersuchungen und die nach dem vorgelegten Projecte empfohlenen baulichen Vorkehrungen beziehen, Einsicht zu nehmen. —

Am heutigen Tage, Vormittags 9 Uhr, trat man sodann zur Schlussberathung zusammen.

Der badische Commissär recapitulirte den Verlauf der in den vorhergegangenen zwei Tagen gepflogenen Besprechungen, worauf die Commissäre von Bayern, Oesterreich, Schaffhausen, St. Gallen und Württemberg in vollständig übereinstimmender Weise ihre Befriedigung über die Projectsvorlage im Ganzen ausdrückten und ihre besondere Anerkennung aussprachen über die eben so gründliche und umfassende, als sachgemässe Behandlung der von der Grossh. badischen Regierung und dem schweizerischen Bundesrathe ausgeführten technischen Untersuchungen über die Abflussverhältnisse des Bodensee's und die darauf gegründete Bearbeitung des Entwurfes für die Regulirung des Seeausflusses behufs Verminderung der Hochwasserstände.

Die gedachten Commissäre waren gleichmässig der Ansicht, dass die vorgelegten Operate eine vollständig genügende Grundlage für die eingehende Beurtheilung des Gegenstandes bilden und weitere technische Untersuchungen über die Abflussverhältnisse des See's, über die Moglichkeit der Verbesserung derselben und über die Art und Weise der bezüglichen Massnahmen voraussichtlich nicht mehr nöthig fallen werden. Eine solche eingehende Beurtheilung sei ihnen aber lediglich auf Grund der Einsichtnahme der umfangreichen Elaborate und der Oertlichkeit nicht moglich gewesen und erscheine gegenüber der Schwierigkeit und Vielseitigkeit des Gegenstandes, und namentlich auch der verschiedenartigen, bei der Würdigung der Sache in Betracht kommenden Verhältnisse in dem für eine Conferenzverhandlung bemessenen kurzen Zeitraum auch nicht wohl thunlich. Sie hielten desshalb dafür und es liege dies auch im Sinne der von ihren hohen Regierungen ihnen ertheilten Instructionen,

dass das Project den bei den bisherigen Verhandlungen nicht vertretenen Regierungen behufs einlässlicher Prüfung und Erwägung, in welcher Richtung und in welchem Masse die betreffenden Landesinteressen von der beabsichtigten Regulirung des Seeausflusses als betheiligt erscheinen, mitgetheilt werde.

Zu diesem Behufe werde es sich wohl empfehlen, die Projectsvorlage, wenigstens in ihren wichtigsten Bestandtheilen, in geeigneter Weise zu vervielfältigen und den betheiligten hohen Regierungen in einer entsprechenden Anzahl — mindestens drei — Exemplare zukommen zu lassen, worauf sie hiermit, erhaltener Instruction gemäss, Antrag stellen. —

Dabei wurde noch betont, dass auch schon mit Rücksicht auf den hohen wissenschaftlichen Werth des Gegenstandes in der vorliegenden Behandlung eine solche Vervielfältigung als gerechtfertigt sich darstellen möchte und wurde von den Commissären von Oesterreich und Schaffhausen desshalb die Veröffentlichung des Operates zum Nutzen der hydrotechnischen Wissenschaft befürwortet; indess war man übereinstimmend der Ansicht, dass die Opportunität einer solchen Publication dem Ermessen der betheiligten hohen Regierungen anheimgestellt werden müsse. —

Die Commissäre von Baden und dem schweizerischen Bundesrathe fanden gegen die beantragte Vervielfältigung nichts zu erinnern und versprachen, dieselbe bei ihren hohen Regierungen zu befürworten. Sie wiesen sodann darauf hin, dass die Projectsvorlage hinsichtlich der Beurtheilung der Abflussverhältnisse des Bodensee's, der Möglichkeit der Verbesserung derselben und der Art und Weise der Regulirung des Unterseeausflusses auch ihrerseits als eine abgeschlossene Arbeit betrachtet worden sei, dass aber zur erschöpfenden Behandlung der Sache doch noch nach zwei Richtungen eine Ergänzung nöthig falle. Einmal sei es die Frage, ob der für die Regulirung des Unterseeausflusses in der vorgeschlagenen Weise erforderliche Kostenaufwand in angemessenem Verhältniss stehe zu dem von dem Unternehmen zu erwartenden Nutzen, welche noch den Gegenstand weiterer Erhebungen und Erörterungen werde bilden müssen. Nachdem solche Erhebungen bezüglich der Unterseeufer schon geschehen sind und zu einer verneinenden Beantwortung der vorstehenden Frage geführt haben, sofern man dabei nur die Wirkung der Regulirung des Seeausflusses auf den Untersee allein ins Auge fasst, so würden nach Ansicht der vorgenannten Commissäre jene Erhebungen über den von dem Unternehmen zu erwartenden Nutzen nun zunächst auf die Ufer des Bodensee's oberhalb Constanz auszudehnen sein. In der hierüber gepflogenen Discussion gelangte man zu der Ansicht, dass die Commission dermalen noch nicht in der Lage sei, über die Art und Weise, mit welcher bei diesen Erhebungen am zweckmässigsten verfahren werde, bestimmte Vorschläge zu machen.

Man glaubte es vielmehr als zweckmässig empfehlen zu sollen, wenn dieser Theil der Projectsvorlage bei deren Vervielfältigung und Mittheilung gleichfalls berücksichtigt werde und von der Grossh. badischen Regierung und dem schweizerischen Bundesrath auf diesem Wege Vorschläge über die in dem vorgedachten Sinne noch weiter nöthigen Erhebungen an die übrigen betheiligten Regierungen gelangen würden.

Die zweite Ergänzung der Projectsvorlage betreffe die einlässliche Untersuchung der Wirkung der Seeausflussregulirung auf die Abflussverhältnisse des Rheines bei Schaffhausen, welche Untersuchungen bis daher in der wünschenswerthen Ausdehnung nicht ausgeführt werden konnten, weil der technischen Vorberathungscommission die hiezu erforderlichen Darstellungen der thatsächlichen Verhältnisse bis jetzt nicht zugekommen sind.

Hiermit wurden die Verhandlungen Mittags 12 Uhr geschlossen.

Vorstehendes Protocoll wurde in einfacher Ausfertigung von sämmtlichen Commissären unterzeichnet und sodann von dem badischen Commissär zur Hand genommen, welcher es zugleich übernimmt, den übrigen Commissären beglaubigte Abschriften binnen kurzer Frist auf dem Correspondenzwege zuzustellen.

Folgen die Unterschriften.

Anlage VI.

Tabelle

[illegible] secundlichen Mehrabfluss von 1 bis 100 cbm hervorgebrachten täglichen Senkung des Seespiegels.

Von 1 bis 100 Cubikmeter.

[illegible]	[illegible]	Mehrabfluss pro Secunde cbm	Dadurch hervorgebrachte Senkung pro Tag Fuss	Mehrabfluss pro Secunde. cbm	Dadurch hervorgebrachte Senkung pro Tag. Fuss	Mehrabfluss pro Secunde. cbm	Dadurch hervorgebrachte Senkung pro Tag. Fuss
[illegible]	[illegible]	26	0,01387	51	0,02720	76	0,04053
[illegible]	[illegible]	27	0,01440	52	0,02773	77	0,04107
[illegible]	[illegible]	28	0,01493	53	0,02827	78	0,04160
[illegible]	[illegible]	29	0,01547	54	0,02880	79	0,04213
[illegible]	[illegible]	30	0,01600	55	0,02933	80	0,04267
[illegible]	[illegible]	31	0,01653	56	0,02987	81	0,04320
[illegible]	[illegible]	32	0,01707	57	0,03040	82	0,04373
[illegible]	[illegible]	33	0,01760	58	0,03093	83	0,04427
[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,01813	59	0,03147	84	0,04480
[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,01867	60	0,03200	85	0,04533
[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,01920	61	0,03253	86	0 04587
[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,01973	62	0,03307	87	0.04640
[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,02027	63	0,03360	88	0,04693
[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,02080	64	0,03413	89	0,04747
[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,02133	65	0,03467	90	0,04800
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	66	0,03520	91	0,04853
[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,02240	67	0,03573	92	0,04907
[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,02293	68	0,03627	93	0,04960
[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,02347	69	0,03680	94	0,05013
[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,02400	70	0,03733	95	0,05067
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	71	0,03787	96	0.05120
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	72	0,03840	97	0,05173
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	73	0,03893	98	0,05227
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	74	0,03947	99	0,05280
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	75	0.04000	100	0.05333

Anlage VI.

Tabelle

der durch den secundlichen Mehrabfluss von 1 bis 100 cbm hervorgebrachten täglichen Senkung des Seespiegels.

Von 1 bis 100 Cubikmeter.

Mehrabfluss pro Secunde. cbm	Dadurch hervorgebrachte Senkung pro Tag. Fuss	Mehrabfluss pro Secunde. cbm	Dadurch hervorgebrachte Senkung pro Tag. Fuss	Mehrabfluss pro Secunde. cbm	Dadurch hervorgebrachte Senkung pro Tag. Fuss	Mehrabfluss pro Secunde. cbm	Dadurch hervorgebrachte Senkung pro Tag. Fuss
1	0,00053	26	0.01387	51	0,02720	76	0,04053
2	0,00107	27	0,01440	52	0,02773	77	0.04107
3	0,00160	28	0,01493	53	0,02827	78	0,04160
4	0,00213	29	0,01547	54	0,02880	79	0,04213
5	0,00267	30	0,01600	55	0,02933	80	0,04267
6	0,00320	31	0.01653	56	0,02987	81	0,04320
7	0,00373	32	0,01707	57	0,03040	82	0,04373
8	0,00427	33	0,01760	58	0,03093	83	0,04427
9	0,00480	34	0,01813	59	0,03147	84	0,04480
10	0,00533	35	0,01867	60	0,03200	85	0,04533
11	0,00587	36	0,01920	61	0,03253	86	0 04587
12	0,00640	37	0,01973	62	0,03307	87	0.04640
13	0,00693	38	0,02027	63	0,03360	88	0,04693
14	0,00747	39	0,02080	64	0,03413	89	0,04747
15	0,00800	40	0,02133	65	0,03467	90	0.04800
16	0,00853	41	0,02187	66	0,03520	91	0,04853
17	0,00907	42	0,02240	67	0,03573	92	0,04907
18	0,00960	43	0.02293	68	0,03627	93	0,04960
19	0,01013	44	0,02347	69	0,03680	94	0,05013
20	0,01067	45	0,02400	70	0,03733	95	0,05067
21	0.01120	46	0,02453	71	0,03787	96	0.05120
22	0.01173	47	0,02507	72	0,03840	97	0,05173
23	0,01227	48	0,02560	73	0,03893	98	0,05227
24	0,01280	49	0,02613	74	0,03947	99	0,05280
25	0,01333	50	0,02667	75	0.04000	100	0.05333